

2

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 2 年    7 月    2 日  
Date of Application:

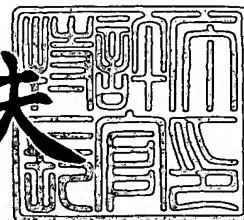
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 2 - 1 9 3 7 7 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 2 - 1 9 3 7 7 5 ]

出      願      人                      株式会社荏原製作所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    9 月 2 9 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 9 8 9 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 EB2864P

【提出日】 平成14年 7月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23H 03/04

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作  
    所内

    【氏名】 鍋谷 治

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作  
    所内

    【氏名】 安田 穂積

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作  
    所内

    【氏名】 桑川 正行

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作  
    所内

    【氏名】 小畠 巖貴

【特許出願人】

    【識別番号】 000000239

    【氏名又は名称】 株式会社 荏原製作所

    【代表者】 依田 正稔

【代理人】

    【識別番号】 100091498

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 渡邊 勇

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092406

【弁理士】

【氏名又は名称】 堀田 信太郎

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100093942

【弁理士】

【氏名又は名称】 小杉 良二

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100109896

【弁理士】

【氏名又は名称】 森 友宏

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 026996

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9112447

【包括委任状番号】 0018636

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電解加工方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被加工物を加工電極に接触又は近接させ、  
前記加工電極と前記被加工物に給電する給電電極との間に電圧を印加し、  
前記被加工物と前記加工電極又は前記給電電極の少なくとも一方との間に流体を供給し、

第 1 の相対運動として前記加工電極と前記被加工物とを相対運動させて一の方向に沿った往復相対運動を形成するとともに、前記第 1 の相対運動による被加工物の前記一方向に沿った加工量分布において生じるピッチの整数倍だけ、第 2 の相対運動として前記被加工物と前記加工電極とを前記一方向に相対運動させ、前記被加工物の表面を加工することを特徴とする電解加工方法。

【請求項 2】 前記加工電極として、電極と前記電極の表面を覆うイオン交換体とを有する複数の電極部材を並列に配置したことを特徴とする請求項 1 に記載の電解加工方法。

【請求項 3】 前記第 2 の相対運動を往復運動により行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電解加工方法。

【請求項 4】 前記第 2 の相対運動における往復運動の移動距離は、往路と復路とにおいてそれぞれ異なることを特徴とする請求項 3 に記載の電解加工方法。

【請求項 5】 前記第 2 の相対運動を繰り返し、前記被加工物における前記第 2 の相対運動の方向を前記第 2 の相対運動における前記一方向への運動を単位として変化させることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の電解加工方法。

【請求項 6】 被加工物を加工電極に接触又は近接させ、  
前記加工電極と前記被加工物に給電する給電電極との間に電圧を印加し、  
前記被加工物と前記加工電極又は前記給電電極の少なくとも一方との間に流体を供給し、

第 1 の相対運動として前記加工電極と前記被加工物とを相対運動させるとともに、第 2 の相対運動として前記加工電極と前記被加工物との間で一方向への相

対運動を繰り返し、前記被加工物における前記第 2 の相對運動の方向を前記第 2 の相對運動における前記一の方向への運動を単位として変化させて、前記被加工物の表面を加工することを特徴とする電解加工方法。

【請求項 7】 前記被加工物を所定の角度だけ回転させることにより、前記被加工物における前記第 2 の相對運動の方向を変化させることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の電解加工方法。

【請求項 8】 前記所定の角度の回転を繰り返して、前記被加工物の電解加工の終了までに前記被加工物を少なくとも 1 回転させることを特徴とする請求項 7 に記載の電解加工方法。

【請求項 9】 前記被加工物における前記加工電極に対する前記第 2 の相對運動の位置を前記第 2 の相對運動における前記一の方向への運動を単位として変化させることを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の電解加工方法。

【請求項 1 0】 前記第 2 の相對運動中に前記被加工物を回転させないことを特徴とする請求項 5 乃至 9 のいずれか一項に記載の電解加工方法。

【請求項 1 1】 電解加工中に前記加工電極と前記給電電極との間に印加する電圧及び／又は電流を変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 のいずれか一項に記載の電解加工方法。

【請求項 1 2】 電解加工中に前記第 2 の相對運動の速度を変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 1 0 のいずれか一項に記載の電解加工方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、電解加工方法に係り、特に半導体ウェハ等の基板の表面に形成された導電性材料を加工したり、基板の表面に付着した不純物を除去したりするために使用される電解加工方法に関するものである。

##### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

近年、半導体ウェハ等の基板上に回路を形成するための配線材料として、アルミニウム又はアルミニウム合金に代えて、電気抵抗率が低くエレクトロマイグレ

ーション耐性が高い銅（Cu）を用いる動きが顕著になっている。この種の銅配線は、基板の表面に設けた微細凹みの内部に銅を埋め込むことによって一般に形成される。この銅配線を形成する方法としては、化学気相成長法（CVD：Chemical Vapor Deposition）、スパッタリング及びめっきといった手法があるが、いずれにしても、基板のほぼ全表面に銅を成膜して、化学機械的研磨（CMP：Chemical Mechanical Polishing）により不要の銅を除去するようにしている。

#### 【0003】

図1（a）乃至図1（c）は、この種の銅配線基板Wの一製造例を工程順に示すものである。図1（a）に示すように、半導体素子が形成された半導体基材1上の導電層1aの上にSiO<sub>2</sub>からなる酸化膜やLow-k材膜などの絶縁膜2が堆積され、リソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール3と配線用の溝4が形成されている。これらの上にTa<sub>2</sub>N<sub>5</sub>等からなるバリア膜5、更にその上に電解めっきの給電層としてスパッタリングやCVD等によりシード層7が形成されている。

#### 【0004】

そして、基板Wの表面に銅めっきを施すことで、図1（b）に示すように、半導体基材1のコンタクトホール3及び溝4内に銅を充填するとともに、絶縁膜2上に銅膜6を堆積する。その後、化学機械的研磨（CMP）により、絶縁膜2上の銅膜6を除去して、コンタクトホール3及び配線用の溝4に充填させた銅膜6の表面と絶縁膜2の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図1（c）に示すように銅膜6からなる配線が形成される。

#### 【0005】

また、最近ではあらゆる機器の構成要素において微細化かつ高精度化が進み、サブミクロン領域での物作りが一般的となるにつれて、加工法自体が材料の特性に与える影響は益々大きくなっている。このような状況下においては、従来の機械加工のように、工具が被加工物を物理的に破壊しながら除去していく加工方法では、加工によって被加工物に多くの欠陥を生み出してしまうため、被加工物の特性が劣化してしまう。したがって、いかに材料の特性を損なうことなく加工を行うことができるかが問題となってくる。

## 【0006】

この問題を解決する手段として開発された特殊加工法に、化学研磨や電解加工、電解研磨がある。これらの加工方法は、従来の物理的な加工とは対照的に、化学的溶解反応を起こすことによって、除去加工等を行うものである。したがって、塑性変形による加工変質層や転位等の欠陥は発生せず、上述の材料の特性を損なわずに加工を行うといった課題が達成される。

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

例えば、CMP工程は、一般にかなり複雑な操作が必要で、制御も複雑となり、加工時間もかなり長い。更に、研磨後の基板の後洗浄を十分に行う必要があるばかりでなく、スラリーや洗浄液の廃液処理のための負荷が大きい等の課題がある。このため、CMP自体を省略する、あるいはこの負荷を軽減することが強く求められている。また、今後、絶縁膜も誘電率の小さいLow-k材に変わると予想され、このLow-k材は強度が弱くCMPによるストレスに耐えられなくなる。したがって、CMPのような過大なストレスを基板に与えることなく、平坦化できるようにしたプロセスが望まれている。

## 【0008】

なお、化学機械的電解研磨のように、めっきをしながらCMPで削るというプロセスも発表されているが、めっき成長面に機械加工が付加されることで、めっきの異常成長を促すことにもなり、膜質に問題を起こしている。

## 【0009】

また、上述した電解加工や電解研磨では、被加工物と電解液（NaCl, NaNO<sub>3</sub>, HF, HCl, HNO<sub>3</sub>, NaOH等の水溶液）との電気化学的相互作用によって加工が進行するとされている。したがって、このような電解質を含む電解液を使用する限り、その電解液で被加工物が汚染されることは避けられない。

## 【0010】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、例えばCMP処理そのものを省略したり、CMP処理の負荷を極力低減しつつ、基板表面に

設けられた導電性材料を平坦に加工したり、更には基板等の被加工物の表面に付着した付着物を除去（洗浄）できるようにした電解加工方法を提供することを目的とする。

### 【0 0 1 1】

#### 【課題を解決するための手段】

このような従来技術における問題点を解決するために、本発明の第 1 の態様は、被加工物を加工電極に接触又は近接させ、上記加工電極と上記被加工物に給電する給電電極との間に電圧を印加し、上記被加工物と上記加工電極又は上記給電電極の少なくとも一方との間に流体を供給し、第 1 の相対運動として上記加工電極と上記被加工物とを相対運動させて一の方向に沿った往復相対運動を形成するとともに、上記第 1 の相対運動による被加工物の上記一方向に沿った加工量分布において生じるピッチの整数倍だけ、第 2 の相対運動として上記被加工物と上記加工電極とを上記一方向に相対運動させ、上記被加工物の表面を加工することを特徴とする電解加工方法である。

### 【0 0 1 2】

図 2 及び図 3 は、本発明の加工原理を示すものである。図 2 は、被加工物 1 0 の表面に、加工電極 1 4 に取り付けたいオン交換体 1 2 a と、給電電極 1 6 に取り付けたいオン交換体 1 2 b とを接触又は近接させ、加工電極 1 4 と給電電極 1 6 との間に電源 1 7 を介して電圧を印加しつつ、加工電極 1 4 及び給電電極 1 6 と被加工物 1 0 との間に流体供給部 1 9 から超純水等の流体 1 8 を供給した状態を示している。図 3 は、被加工物 1 0 の表面に、加工電極 1 4 に取り付けたいオン交換体 1 2 a を接触又は近接させ、給電電極 1 6 を被加工物 1 0 に直接接触させて、加工電極 1 4 と給電電極 1 6 との間に電源 1 7 を介して電圧を印加しつつ、加工電極 1 4 と被加工物 1 0 との間に流体供給部 1 9 から超純水等の流体 1 8 を供給した状態を示している。

### 【0 0 1 3】

超純水のような液自身の抵抗値が大きい液体を使用する場合には、イオン交換体 1 2 a を被加工物 1 0 の表面に「接触させる」ことが好ましく、このようにイオン交換体 1 2 a を被加工物 1 0 の表面に接触させることにより、電気抵抗を低



減させることができ、印加電圧も小さくて済み、消費電力も低減できる。従って、本発明に係る加工における「接触」は、例えばCMPのように物理的なエネルギー（応力）を被加工物に与えるために、「押し付ける」ものではない。

#### 【0014】

図2及び図3において、超純水等の液体18中の水分子20をイオン交換体12a、12bで水酸化物イオン22と水素イオン24に解離し、例えば生成された水酸化物イオン22を、被加工物10と加工電極14との間の電界と超純水等の液体18の流れによって、被加工物10の加工電極14と対面する表面に供給して、ここでの被加工物10近傍の水酸化物イオン22の密度を高め、被加工物10の原子10aと水酸化物イオン22を反応させる。反応によって生成された反応物質26は、超純水18中に溶解し、被加工物10の表面に沿った超純水等の液体18の流れによって被加工物10から除去される。これにより、被加工物10の表面層の除去加工が行われる。

#### 【0015】

このように、本加工法は純粹に被加工物との電気化学的相互作用のみにより被加工物の除去加工を行うものであり、CMPのような研磨部材と被加工物との物理的な相互作用及び研磨液中の化学種との化学的相互作用の混合による加工とは加工原理が異なるものである。この方法では、被加工物10の加工電極14と対面する部位が加工されるので、加工電極14を移動させることで、被加工物10の表面を所望の表面形状に加工することができる。

#### 【0016】

なお、本発明に係る電解加工方法は、電気化学的相互作用による溶解反応のみにより被加工物の除去加工を行うため、CMPのような研磨部材と被加工物との物理的な相互作用及び研磨液中の化学種との化学的相互作用の混合による加工とは加工原理が異なるものである。したがって、材料の特性を損なわずに除去加工を行うことが可能であり、例えば前述のLow-k材に挙げられる機械的強度の小さい材料に対しても、物理的な相互作用を及ぼすことなく除去加工が可能である。また、通常の電解加工方法と比較しても、電解液に $500\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の液体、好ましくは純水、更に好ましくは超純水を用いるため、被加工物表面への

汚染も大幅に低減させることが可能であり、また加工後の廃液の処理も容易となる。

#### 【0017】

更に、本発明に係る電解加工方法によれば、加工電極と被加工物とを一の方向に往復相対運動させる第1の相対運動に加えて、第1の相対運動による被加工物の一の方向に沿った加工量分布において生じるピッチの整数倍だけ、被加工物と加工電極とを一の方向に相対運動させる第2の相対運動を行うことにより、加工電極による加工量のバラツキをなくして、被加工物の全面を均一に加工することが可能となる。

#### 【0018】

本発明の好ましい一態様は、上記加工電極として、電極と上記電極の表面を覆うイオン交換体とを有する複数の電極部材を並列に配置したことを特徴としている。これにより、加工電極と被加工物との相対移動量を小さくすることができ、装置のフットプリントを小さくすることができる。また、移動機構を簡単な構成とすることができるので、装置のコストダウンを図ることができる。

#### 【0019】

本発明の好ましい一態様は、上記第2の相対運動を往復運動により行うことを特徴としている。

#### 【0020】

本発明の好ましい一態様は、上記第2の相対運動における往復運動の移動距離は、往路と復路とにおいてそれぞれ異なることを特徴としている。

#### 【0021】

本発明の好ましい一態様は、上記第2の相対運動を繰り返し、上記被加工物における上記第2の相対運動の方向を上記第2の相対運動における上記一の方向への運動を単位として変化させることを特徴としている。これにより、加工電極の加工レートに多少のバラツキがあっても、このバラツキを被加工物上で均等に分散して、全体として加工の不均一を相殺することができる。

#### 【0022】

本発明の第2の態様は、被加工物を加工電極に接触又は近接させ、上記加工電

極と上記被加工物に給電する給電電極との間に電圧を印加し、上記被加工物と上記加工電極又は上記給電電極の少なくとも一方との間に流体を供給し、第 1 の相対運動として上記加工電極と上記被加工物とを相対運動させるとともに、第 2 の相対運動として上記加工電極と上記被加工物との間で一方向への相対運動を繰り返し、上記被加工物における上記第 2 の相対運動の方向を上記第 2 の相対運動における上記一方向への運動を単位として変化させて、上記被加工物の表面を加工することを特徴とする電解加工方法である。

#### 【 0 0 2 3 】

本発明の好ましい一態様は、上記被加工物を所定の角度だけ回転させることにより、上記被加工物における上記第 2 の相対運動の方向を変化させることを特徴としている。

#### 【 0 0 2 4 】

本発明の好ましい一態様は、上記所定の角度の回転を繰り返して、上記被加工物の電解加工の終了までに上記被加工物を少なくとも 1 回転させることを特徴としている。

#### 【 0 0 2 5 】

本発明の好ましい一態様は、上記被加工物における上記加工電極に対する上記第 2 の相対運動の位置を上記第 2 の相対運動における上記一方向への運動を単位として変化させることを特徴としている。これにより、加工電極の位置によって加工レートに多少のバラツキがあっても、このバラツキを被加工物上で均等に分散して、全体として加工の不均一を相殺することができる。

#### 【 0 0 2 6 】

本発明の好ましい一態様は、上記第 2 の相対運動中に上記被加工物を回転させないことを特徴としている。

#### 【 0 0 2 7 】

本発明の好ましい一態様は、電解加工中に上記加工電極と上記給電電極との間に印加する電圧及び／又は電流を変化させることを特徴としている。このように、電解加工中に加工電極と給電電極との間に印加する電圧及び／又は電流を変化させることにより、加工レートを適切に制御して、被加工物上の膜厚を目標値に

することができる。

#### 【0028】

本発明の好ましい一態様は、電解加工中に上記第2の相對運動の速度を変化させることを特徴としている。このように、電解加工中に第2の相對運動の速度を変化させることにより、加工レートを適切に制御して、被加工物上の膜厚を目標値にすることができる。

#### 【0029】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る電解加工方法を実施するための電解加工装置及びこの電解加工装置を組み込んだ基板処理装置の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、以下の説明では、被加工物として基板を使用し、電解加工装置で基板を加工するようにした例を示しているが、本発明を基板以外にも適用できることは言うまでもない。

#### 【0030】

図4は、本発明の第1の実施形態における基板処理装置の構成を示す平面図である。図4に示すように、この基板処理装置は、例えば、図1(b)に示すように、表面に導電体膜（被加工物）としての銅膜6を有する基板Wを収納したカセットを搬出入する搬出入部としての一対のロード・アンロード部30と、基板Wを反転させる反転機32と、電解加工装置34とを備えている。これらの機器は直列に配置されており、これらの機器の間で基板Wを搬送して授受する搬送装置としての搬送ロボット36がこれらの機器と平行に配置されている。また、電解加工装置34による電解加工の際に、後述する加工電極と給電電極との間に印加する電圧又はこれらの間を流れる電流をモニタするモニタ部38がロード・アンロード部30に隣接して配置されている。

#### 【0031】

図5は基板処理装置内の電解加工装置34を示す平面図、図6は図5の縦断面図である。図5及び図6に示すように、電解加工装置34は、上下動可能かつ水平面に沿って往復運動可能なアーム40と、アーム40の自由端に垂設されて基板Wを下向き（フェイスダウン）に吸着保持する基板保持部42と、アーム40

が取り付けられる可動フレーム 44 と、矩形状の電極部 46 と、電極部 46 に接続される電源 48 とを備えている。本実施形態では、電極部 46 の大きさは基板保持部 42 で保持する基板 W の外径よりも一回り大きな大きさに設定されている。

#### 【0032】

図 5 及び図 6 に示すように、可動フレーム 44 の上部には上下動用モータ 50 が設置されており、この上下動用モータ 50 には上下方向に延びるボールねじ 52 が連結されている。ボールねじ 52 にはアーム 40 の基部 40a が取り付けられており、上下動用モータ 50 の駆動に伴ってアーム 40 がボールねじ 52 を介して上下動するようになっている。また、可動フレーム 44 自体も、水平方向に延びるボールねじ 54 に取り付けられており、往復運動用モータ 56 の駆動に伴って可動フレーム 44 及びアーム 40 が水平面に沿って往復運動するようになっている。

#### 【0033】

基板保持部 42 は、アーム 40 の自由端に設置された自転用モータ 58 に接続されており、この自転用モータ 58 の駆動に伴って回転（自転）できるようになっている。また、上述したように、アーム 40 は上下動及び水平方向に往復運動可能となっており、基板保持部 42 はアーム 40 と一体となって上下動及び水平方向に往復運動可能となっている。

#### 【0034】

電極部 46 の下方には中空モータ 60 が設置されており、この中空モータ 60 の主軸 62 には、この主軸 62 の中心から偏心した位置に駆動端 64 が設けられている。電極部 46 は、その中央において上記駆動端 64 に軸受（図示せず）を介して回転自在に連結されている。また、電極部 46 と中空モータ 60 との間には、周方向に 3 つ以上の自転防止機構が設けられている。

#### 【0035】

図 7（a）は本実施形態における自転防止機構を示す平面図、図 7（b）は図 7（a）の A-A 線断面図である。図 7（a）及び図 7（b）に示すように、電極部 46 と中空モータ 60 との間には、周方向に 3 つ以上（図 7（a）において

は 4 つ) の自転防止機構 6 6 が設けられている。図 7 (b) に示すように、中空モータ 6 0 の上面と電極部 4 6 の下面の対応する位置には、周方向に等間隔に複数の凹所 6 8, 7 0 が形成されており、これらの凹所 6 8, 7 0 にはそれぞれ軸受 7 2, 7 4 が装着されている。軸受 7 2, 7 4 には、距離  $e$  だけずれた 2 つの軸体 7 6, 7 8 の一端部がそれぞれ挿入されており、軸体 7 6, 7 8 の他端部は連結部材 8 0 により互いに連結される。ここで、中空モータ 6 0 の主軸 6 2 の中心に対する駆動端 6 4 の偏心量も上述した距離  $e$  と同じになっている。したがって、電極部 4 6 は、中空モータ 6 0 の駆動に伴って、主軸 6 2 の中心と駆動端 6 4 との間の距離  $e$  を半径とした、自転を行わない公転運動、いわゆるスクロール運動（並進回転運動）を行うようになっている。

#### 【0 0 3 6】

次に、本実施形態における電極部 4 6 について説明する。図 5 に示すように、本実施形態における電極部 4 6 は複数の電極部材 8 2 を備えている。図 8 は本実施形態における電極部 4 6 を示す平面図、図 9 は図 8 の B-B 線断面図、図 1 0 は図 9 の部分拡大図である。図 8 及び図 9 に示すように、電極部 4 6 は、X 方向（図 5 及び図 8 参照）に延びる複数の電極部材 8 2 を備えており、これらの電極部材 8 2 は平板状のベース 8 4 上に並列に等ピッチで配置されている。

#### 【0 0 3 7】

図 1 0 に示すように、各電極部材 8 2 は、電源 4 8（図 5 及び図 6 参照）に接続される電極 8 6 と、電極 8 6 の表面を一体的に覆うイオン交換体（イオン交換膜）9 0 とを備えている。イオン交換体 9 0 は、電極 8 6 の両側に配置された保持プレート 8 5 により電極 8 6 に取り付けられている。

#### 【0 0 3 8】

このイオン交換体 9 0 は、例えば、アニオン交換能又はカチオン交換能を付与した不織布で構成されている。カチオン交換体は、好ましくは強酸性カチオン交換基（スルホン酸基）を担持したものであるが、弱酸性カチオン交換基（カルボキシル基）を担持したものでもよい。また、アニオン交換体は、好ましくは強塩基性アニオン交換基（4 級アンモニウム基）を担持したものであるが、弱塩基性アニオン交換基（3 級以下のアミノ基）を担持したものでもよい。

## 【0039】

ここで、例えば強塩基性アニオン交換能を付与した不織布は、繊維径  $20 \sim 50 \mu\text{m}$  で空隙率が約  $90\%$  のポリオレフィン製の不織布に、 $\gamma$  線を照射した後グラフト重合を行ういわゆる放射線グラフト重合により、グラフト鎖を導入し、次に導入したグラフト鎖をアミノ化して4級アンモニウム基を導入して作製される。導入されるイオン交換基の容量は、導入するグラフト鎖の量により決定される。グラフト重合を行うためには、例えばアクリル酸、スチレン、メタクリル酸グリシジル、更にはスチレンスルホン酸ナトリウム、クロロメチルスチレン等のモノマーを用い、これらのモノマー濃度、反応温度及び反応時間を制御することで、重合するグラフト量を制御することができる。したがって、グラフト重合前の素材の重量に対し、グラフト重合後の重量の比をグラフト率と呼ぶが、このグラフト率は、最大で  $500\%$  が可能であり、グラフト重合後に導入されるイオン交換基は、最大で  $5 \text{ meq/g}$  が可能である。

## 【0040】

強酸性カチオン交換能を付与した不織布は、前記強塩基性アニオン交換能を付与する方法と同様に、繊維径  $20 \sim 50 \mu\text{m}$  で空隙率が約  $90\%$  のポリオレフィン製の不織布に、 $\gamma$  線を照射した後グラフト重合を行ういわゆる放射線グラフト重合により、グラフト鎖を導入し、次に導入したグラフト鎖を、例えば加熱した硫酸で処理してスルホン酸基を導入して作製される。また、加熱したリン酸で処理すればリン酸基が導入できる。ここでグラフト率は、最大で  $500\%$  が可能であり、グラフト重合後に導入されるイオン交換基は、最大で  $5 \text{ meq/g}$  が可能である。

## 【0041】

イオン交換体90の素材の材質としては、ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン系高分子、又はその他有機高分子が挙げられる。また素材形態としては、不織布の他に、織布、シート、多孔質材、短繊維等が挙げられる。

## 【0042】

ここで、ポリエチレンやポリプロピレンは、放射線 ( $\gamma$  線と電子線) を先に素材に照射する (前照射) ことで、素材にラジカルを発生させ、次にモノマーと反

応させてグラフト重合することができる。これにより、均一性が高く、不純物が少ないグラフト鎖ができる。一方、その他の有機高分子は、モノマーを含浸させ、そこに放射線（ $\gamma$ 線、電子線、紫外線）を照射（同時照射）することで、ラジカル重合することができる。この場合、均一性に欠けるが、ほとんどの素材に適用できる。

#### 【0043】

このように、イオン交換体90をアニオン交換能又はカチオン交換能を付与した不織布で構成することで、純水又は超純水や電解液等の液体が不織布の内部を自由に移動して、不織布内部の水分解触媒作用を有する活性点に容易に到達することが可能となって、多くの水分子が水素イオンと水酸化物イオンに解離される。更に、解離によって生成した水酸化物イオンが純水又は超純水や電解液等の液体の移動に伴って効率良く加工電極の表面に運ばれるため、低い印加電圧でも高電流が得られる。

#### 【0044】

ここで、イオン交換体90をアニオン交換能又はカチオン交換能の一方を付与したもののみで構成すると、電解加工できる被加工材料が制限されるばかりでなく、極性により不純物が生成しやすくなる。そこで、アニオン交換能を有するアニオン交換体とカチオン交換能を有するカチオン交換体とを重ね合わせたり、イオン交換体90自体にアニオン交換能とカチオン交換能の双方の交換基を付与するようにしたりしてもよく、これにより、被加工材料の範囲を拡げるとともに、不純物を生成しにくくすることができる。

#### 【0045】

本実施形態では、隣り合う電極部材82の電極86に、電源48の陰極と陽極とが交互に接続されている。例えば、電極86a（図9参照）を電源48の陰極に接続し、電極86b（図9参照）を陽極に接続する。例えば、銅を加工する場合においては、陰極側に電解加工作用が生じるので、陰極に接続した電極86aが加工電極となり、陽極に接続した電極86bが給電電極となる。このように、本実施形態では、加工電極と給電電極とが並列に交互に配置される。

#### 【0046】



加工材料によっては、電源 48 の陰極に接続される電極を給電電極とし、陽極に接続される電極を加工電極としてもよい。すなわち、被加工材料が例えば銅やモリブデン、鉄である場合には、陰極側に電解加工作用が生じるため、電源 48 の陰極に接続した電極 86 a が加工電極となり、陽極に接続した電極 86 b が給電電極となる。一方、被加工材料が例えばアルミニウムやシリコンである場合には、陽極側で電解加工作用が生じるため、電源 48 の陽極に接続した電極 86 b が加工電極となり、陰極に接続した電極 86 a が給電電極となる。

#### 【0047】

このように、加工電極と給電電極とを電極部 46 の Y 方向（電極部材 82 の長手方向と垂直な方向）に交互に設けることで、基板 W の導電体膜（被加工物）に給電を行う給電部を設ける必要がなくなり、基板 W の全面の加工が可能となる。また、電極 86 間に印加される電圧の正負をパルス状に変化させることで、電解生成物を溶解させ、加工の繰り返しの多重性によって平坦度を向上させることができる。

#### 【0048】

ここで、電極部材 82 の電極 86 は、電解反応により、酸化又は溶出が一般に問題となる。このため、電極の素材として、電極に広く使用されている金属や金属化合物よりも、炭素、比較的の不活性な貴金属、導電性酸化物又は導電性セラミックスを使用することが好ましい。この貴金属を素材とした電極としては、例えば、下地の電極素材にチタンを用い、その表面にめっきやコーティングで白金又はイリジウムを付着させ、高温で焼結して安定化と強度を保つ処理を行ったものが挙げられる。セラミックス製品は、一般に無機物質を原料として熱処理によって得られ、各種の非金属・金属の酸化物・炭化物・窒化物などを原料として、様々な特性を持つ製品が作られている。この中に導電性を持つセラミックスもある。電極が酸化すると電極の電気抵抗値が増加し、印加電圧の上昇を招くが、このように、白金などの酸化しにくい材料やイリジウムなどの導電性酸化物で電極表面を保護することで、電極素材の酸化による導電性の低下を防止することができる。

#### 【0049】

図9に示すように、電極部46のベース84の内部には、被加工面に純水、より好ましくは超純水を供給するための流路92が形成されており、この流路92は純水供給管94を介して純水供給源（図示せず）に接続されている。各電極部材82の両側には、流路92から供給される純水又は超純水を基板Wと電極部材82のイオン交換体90との間に噴射するための純水噴射ノズル96が設置されている。この純水噴射ノズル96には、電極部材82に対向する基板Wの被加工面、すなわち基板Wとイオン交換体90との接触部分に向けて純水又は超純水を噴射する噴射口98がX方向に沿って複数箇所（図8参照）に設けられている。この純水噴射ノズル96の噴射口98から流路92内の純水又は超純水が基板Wの被加工面全域に供給される。ここで、図10に示すように、純水噴射ノズル96の高さは、電極部材82のイオン交換体90の高さよりも低くなっており、基板Wを電極部材82のイオン交換体90に接触させた際にも、純水噴射ノズル96が基板Wに接触しないようになっている。

#### 【0050】

また、各電極部材82の電極86の内部には、流路92からイオン交換体90に通じる貫通孔100が形成されている。このような構成により、流路92内の純水又は超純水は、貫通孔100を通過してイオン交換体90に供給される。ここで、純水は、例えば電気伝導度が $10\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水であり、超純水は、例えば電気伝導度が $0.1\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の水である。このように電解質を含まない純水又は超純水を使用して電解加工を行うことで、基板Wの表面に電解質等の余分な不純物が付着したり、残留したりすることをなくすることができる。更に、電解によって溶解した銅イオン等が、イオン交換体90にイオン交換反応で即座に捕捉されるため、溶解した銅イオン等が基板Wの他の部分に再度析出したり、酸化されて微粒子となり基板Wの表面を汚染したりすることがない。

#### 【0051】

また、純水又は超純水の代わりに電気伝導度 $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の液体や、任意の電解液、例えば純水又は超純水に電解質を添加した電解液を使用してもよい。電解液を使用することで、電気抵抗を低減して消費電力を削減することができる。この電解液としては、例えば、 $\text{NaCl}$ や $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 等の中性塩、 $\text{HCl}$

1や $H_2SO_4$ 等の酸、更には、アンモニア等のアルカリなどの溶液を使用することができ、被加工物の特性によって適宜選択して使用することができる。

#### 【0052】

更に、純水又は超純水の代わりに、純水又は超純水に界面活性剤等を添加して、電気伝導度が $500\mu S/cm$ 以下、好ましくは、 $50\mu S/cm$ 以下、更に好ましくは、 $0.1\mu S/cm$ 以下（比抵抗で $10M\Omega\cdot cm$ 以上）にした液体を使用してもよい。このように、純水又は超純水に界面活性剤を添加することで、基板Wとイオン交換体90の界面にイオンの移動を防ぐ一様な抑制作用を有する層を形成し、これによって、イオン交換（金属の溶解）の集中を緩和して被加工面の平坦性を向上させることができる。ここで、界面活性剤濃度は、 $100ppm$ 以下が好ましい。なお、電気伝導度の値があまり高いと電流効率が下がり、加工速度が遅くなるが、 $500\mu S/cm$ 以下、好ましくは、 $50\mu S/cm$ 以下、更に好ましくは、 $0.1\mu S/cm$ 以下の電気伝導度を有する液体を使用することで、所望の加工速度を得ることができる。

#### 【0053】

次に、本実施形態における基板処理装置を用いた基板処理（電解加工）について説明する。まず、例えば、図1（b）に示すように、表面に導電体膜（被加工部）として銅膜6を形成した基板Wを収納したカセットをロード・アンロード部30にセットし、このカセットから1枚の基板Wを搬送ロボット36で取り出す。搬送ロボット36は、取り出した基板Wを必要に応じて反転機32に搬送し、基板Wの導電体膜（銅膜6）を形成した表面が下を向くように反転させる。

#### 【0054】

搬送ロボット36は反転させた基板Wを受け取り、これを電解加工装置34に搬送し、基板保持部42により吸着保持させる。アーム40を移動させて基板Wを保持した基板保持部42を電極部46の直上方の加工位置まで移動させる。次に、上下動用モータ50を駆動して基板保持部42を下降させ、この基板保持部42で保持した基板Wを電極部46のイオン交換体90の表面に接触又は近接させる。この状態で、中空モータ60を駆動して電極部46をスクロール運動させる。このスクロール運動は、加工電極と基板WとをY方向に相對運動させる第1

の相対移動であり、このスクロール運動により Y 方向に沿った往復相対運動が形成される。このスクロール運動と同時に、電解加工中に往復運動用モータ 56 を駆動させてアーム 40 及び基板保持部 42 を Y 方向に所定の距離だけ移動させて、基板 W と加工電極との間で第 2 の相対運動を行う。このとき、純水噴射ノズル 96 の噴射口 98 から基板 W と電極部材 82 との間に純水又は超純水を噴射し、また、各電極部 46 の貫通孔 100 を通じて純水又は超純水をイオン交換体 90 に含ませる。本実施形態では、イオン交換体 90 に供給された純水又は超純水は各電極部材 82 の長手方向端部から排出される。

#### 【0055】

そして、電源 48 により加工電極と給電電極との間に所定の電圧を印加し、イオン交換体 90 により生成された水素イオン又は水酸化物イオンによって、加工電極（陰極）において基板 W の表面の導電体膜（銅膜 6）の電解加工を行う。なお、本実施形態では、電解加工中には自転用モータ 58 を駆動しておらず、基板保持部 42 に保持された基板 W を回転させないで加工を行っている。

#### 【0056】

電解加工中には、加工電極と給電電極との間に印加する電圧、又はこの間を流れる電流をモニタ部 38 でモニタして、エンドポイント（加工終点）を検知する。すなわち、同じ電圧（電流）を印加した状態で電解加工を行うと、材料によって流れる電流（印加される電圧）に違いが生じる。例えば、図 11（a）に示すように、表面に材料 B と材料 A とを順次成膜した基板 W の該表面に電解加工を施したときに流れる電流をモニタすると、材料 A を電解加工している間は一定の電流が流れるが、異なる材料 B の加工に移行する時点で流れる電流が変化する。同様に、加工電極と給電電極との間に印加される電圧にあっても、図 11（b）に示すように、材料 A を電解加工している間は一定の電圧が印加されるが、異なる材料 B の加工に移行する時点で印加される電圧が変化する。なお、図 11（a）は、材料 B を電解加工するときの方が、材料 A を電解加工するときよりも電流が流れにくくなる場合を、図 11（b）は、材料 B を電解加工するときの方が、材料 A を電解加工するときよりも電圧が高くなる場合の例を示している。これにより、この電流又は電圧の変化をモニタすることでエンドポイントを確実に検知す

ることができる。

#### 【0057】

なお、モニタ部38で加工電極と給電電極との間に印加する電圧、又はこの間を流れる電流をモニタして加工終点を検知するようにした例を説明したが、このモニタ部38で、加工中の基板の状態の変化をモニタして、任意に設定した加工終点を検知するようにしてもよい。この場合、加工終点は、被加工面の指定した部位について、所望の加工量に達した時点、もしくは加工量と相関関係を有するパラメータが所望の加工量に相当する量に達した時点を指す。このように、加工の途中においても、加工終点を任意に設定して検知できるようにすることで、多段プロセスでの電解加工が可能となる。

#### 【0058】

例えば、基板が異材料に達したときに生じる摩擦係数の違いによる摩擦力の変化や、基板の表面の凹凸を平坦化する際、凹凸を除去したことにより生じる摩擦力の変化等を検出することで加工量を判断し、加工終点を検出することとしてもよい。また、被加工面の電気抵抗による発熱や、加工面と被加工面との間に液体（純水）の中を移動するイオンと水分子の衝突による発熱が生じ、例えば基板の表面に堆積した銅膜を定電圧制御で電解研磨する際には、電解加工が進み、バリア層や絶縁膜が露出するのに伴って、電気抵抗が大きくなり電流値が小さくなって発熱量が順に減少する。したがって、この発熱量の変化を検出することで加工量を判断し、加工終点を検出することとしてもよい。あるいは、異材料に達した時に生じる反射率の違いによる反射光の強度の変化を検出して、基板上の被加工膜の膜厚を検知し、これにより加工終点を検出してもよい。また、銅膜等の導電性膜の内部にうず電流を発生させ、基板の内部を流れるうず電流をモニタし、例えば周波数の変化を検出して、基板上の被加工膜の膜厚を検知し、これにより加工終点を検出してもよい。更に、電解加工にあっては、加工電極と給電電極との間を流れる電流値で加工レートが決まり、加工量は、この電流値と加工時間の積で求められる電気量に比例する。したがって、電流値と加工時間の積で求められる電気量を積算し、この積算値が所定の値に達したことを検出することで加工量を判断し、加工終点を検出してもよい。

## 【0059】

電解加工完了後、電源 48 の接続を切り、電極部 46 のスクロール運動を停止させ、しかる後、基板保持部 42 を上昇させ、アーム 40 を移動させて基板 W を搬送ロボット 36 に受け渡す。基板 W を受け取った搬送ロボット 36 は、必要に応じて反転機 32 に搬送して反転させた後、基板 W をロード・アンロード部 30 のカセットに戻す。

## 【0060】

ここで、超純水のような液自身の抵抗値が大きい液体を使用する場合には、イオン交換体 90 を基板 W に接触させることにより、電気抵抗を低減させることができ、印加電圧も小さくて済み、消費電力も低減できる。この「接触」は、例えば CMP のように物理的なエネルギー（応力）を被加工物に与えるために、「押し付ける」ことを意味するものではない。したがって、本実施形態における電解加工装置 34 では、基板 W の電極部 46 への接触又は近接には上下動用モータ 50 を用いており、例えば CMP 装置において基板と研磨部材を積極的に押し付ける押圧機構は具備していない。すなわち、CMP においては、一般に 20～50 kPa 程度の押圧力で基板を研磨面に押し付けているが、本実施形態の電解加工装置では、例えば、20 kPa 以下の圧力でイオン交換体 56 を基板 W に接触させればよく、10 kPa 以下の圧力でも十分除去加工効果が得られる。

## 【0061】

ここで、1つの加工電極について考えると、図 12（a）に示すように、電解加工においては、基板 W が加工電極 200 の表面のイオン交換体 210 と接触又は近接した範囲 L でのみ加工が行われる。この加工電極 200 により加工される基板 W の Y 方向（加工電極 200 の長手方向と垂直な方向）に沿った単位時間当たりの加工量は図 12（b）に示すような分布となる。加工電極 200 の端部 200a には電界が集中するため、図 12（b）に示すように、加工電極 200 の端部 200a 付近の加工レートは中央付近 200b に比べて高くなる。

## 【0062】

このように、1つの加工電極において加工量のバラツキが生じるが、本実施形態では、上述したように、電極部 46 をスクロール運動させ、基板 W と加工電極

とをY方向に往復相対運動（第1の相対運動）させることにより、この加工量のバラツキを抑えている。図12（c）は、スクロール運動（第1の相対運動）を行った場合における基板WのY方向に沿った単位時間当たりの加工量を示すグラフである。図12（c）に示すように、スクロール運動によって加工量のバラツキを少なくすることができるものの、完全にバラツキをなくすことはできない。

#### 【0063】

本実施形態では、上述したスクロール運動（第1の相対運動）に加えて、電解加工中に基板保持部42をY方向に所定の距離だけ移動させて、基板Wと加工電極200との間で第2の相対運動を行うことにより、上述した加工量のバラツキをなくしている。すなわち、図13（a）に示すように、スクロール運動（第1の相対運動）のみを行った場合には、基板WのY方向に沿って加工量に差が生じ、同一形状の加工量分布がピッチPごとに現れるが、電解加工中に、往復運動用モータ56を駆動させてアーム40及び基板保持部42をY方向に図13（a）に示すピッチPの整数倍だけ移動させて、基板Wと加工電極200との間で第2の相対運動を行う。電解加工中にこのような第2の相対運動を上記第1の相対運動とともに行った場合、例えば、ピッチPの等倍だけ移動させた場合には、図13（b）に示す基板W上の点Qは、面積 $S_Q$ に相当する加工量だけ加工され、図13（c）に示す基板W上の点Rは、面積 $S_R$ に相当する加工量だけ加工される。ここで、各加工量分布の形状は互いに等しいため、これらの面積 $S_Q$ 、 $S_R$ は互いに等しくなり、基板W上の点Qと点Rにおける加工量が等しくなる。このように、第1の相対運動とともに第2の相対運動をさせることで基板Wの全面を均一に加工することが可能となる。この場合において、第2の相対運動の移動速度は一定であることが好ましい。

#### 【0064】

ここで、上述した第2の相対運動を繰り返し、基板Wを加工電極200に対してY方向に往復運動させてもよい。この場合において、往路と復路の移動距離はともに上述したピッチPの整数倍とする必要があるが、往路の移動距離と復路の移動距離を必ずしも等しくする必要はなく、互いに異なってもよい。例えば、往路の移動距離をピッチPの2倍とし、復路の移動距離をピッチPの等倍とし

てもよい。

#### 【0065】

上述したように、第1の相對運動とともに第2の相對運動を行うことにより基板Wの全面を均一に加工することが可能となるが、実際の加工においては、加工電極の長手方向において単位面積当たりの加工レートにバラツキがあったり、各加工電極ごとで加工レートが異なったりして、均一な加工が十分に実現されない場合がある。このような場合には、以下に述べるように第2の相對運動をさせることが好ましい。

#### 【0066】

まず、図14(a)に示す状態で、上述したようにピッチPの整数倍だけ基板Wを加工電極200に対してY<sub>1</sub>方向に移動させる。次に、自転用モータ58を駆動させて、基板Wを反時計回りに90度回転させた後、ピッチPの整数倍だけ基板WをY<sub>2</sub>方向に移動させる(図14(b)参照)。同様に、基板Wを反時計回りに90度回転させた後、ピッチPの整数倍だけ基板WをY<sub>1</sub>方向に移動させる(図14(c)参照)、更に基板Wを反時計回りに90度回転させた後、ピッチPの整数倍だけ基板WをY<sub>2</sub>方向に移動させる(図14(d)参照)。このように、基板Wにおける第2の相對運動の方向を往路(Y<sub>1</sub>方向への移動)と復路(Y<sub>2</sub>方向への移動)で変化させることで、加工電極の加工レートに多少のバラツキがあっても、このバラツキを基板W上で均等に分散して、全体として加工の不均一を相殺することができる。

#### 【0067】

この場合において、図14(a)乃至図14(d)に示すように、所定の角度の回転を繰り返して、基板の電解加工の終了までに基板Wを少なくとも1回転させることが好ましい。なお、図14(a)乃至図14(d)に示す例では、基板Wを90度ずつ回転させて4方向で第2の相對運動を行っているが、これに限られるものではない。例えば、基板Wを45度ずつ回転させて8方向で第2の相對運動を行ってもよい。また、基板Wにおける第2の相對運動の方向を往路と復路で変化させるのではなく、各往復運動ごとに変化させることとしてもよい。

#### 【0068】



また、図14(a)乃至図14(d)に示す例では、基板Wにおける第2の相對運動の方向を往路( $Y_1$ 方向への移動)と復路( $Y_2$ 方向への移動)で変化させた例を説明したが、図15(a)乃至図15(d)に示すように、基板Wを $Y_1$ 方向へ移動させた後に、基板Wを回轉させつつ基板Wを上昇させて元の位置に戻し、再度基板Wを $Y_1$ 方向へ移動させることとしてもよい。このように、基板Wにおける第2の相對運動の方向を第2の相對運動における一方向(上述の例では $Y_1$ 方向)への運動を単位として変化させることで、電極の形状、電荷集中、イオン交換体の影響による加工歪みを相殺することができる。

#### 【0069】

あるいは、図16の矢印で示すように、第2の相對運動における往路と復路との間で基板Wの位置を加工電極200の長手方向にずらし、往路と復路とで加工電極200に対する第2の相對運動の長手方向の位置を変化させてもよい。このようにすることで、加工電極200の長手方向において加工レートに多少のバラツキがあっても、このバラツキを基板W上で均等に分散して、全体として加工の不均一を相殺することができる。この場合において、基板Wにおける加工電極200に対する第2の相對運動の長手方向の位置を往路と復路で変化させるのではなく、第2の相對運動における一方向への運動を単位として変化させることとしてもよい。また、図17(a)及び図17(b)に示すように、第2の相對運動において基板Wの位置を加工電極200の長手方向と垂直な方向にずらすこともできる。

#### 【0070】

また、加工ステップ(すなわち、第2の相對運動において、第1の相對運動により生じるピッチの整数倍だけ移動する周期)ごとに加工電極と給電電極との間に印加する電圧及び/又は電流を変化させて、加工レートを適切に制御してもよい。例えば、図18(a)及び図18(b)に示すように、最後の工程中( $T_L$ )、例えば図14(d)に示す工程中における印加電流を小さくして、基板W上の膜厚が目標値になるようにしてもよい。あるいは、電流はそのままにして、加工ステップごとに第2の相對運動の速度(スキャン速度)を変化させて、加工レートを適切に制御してもよい。

**【0071】**

上述の実施形態では、各電極部材 82 が並列に等ピッチで配置された例を説明したが、図 19 (a) に示すように、各電極部材 82 が等ピッチで配置されていない場合にも本発明を適用することができる。この場合においても、第 1 の相對運動による加工量分布におけるピッチの整数倍だけ第 2 の相對運動を行えば、基板 W の全面を均一に加工することができる。また、図 19 (b) に示すように、表面に凹凸を有するイオン交換体 190 を貼付した平板状の加工電極 186 にも本発明を適用することができる。

**【0072】**

上述の実施形態では、電極部 46 をスクロール運動させ、基板 W を電極部材 82 の長手方向と垂直な方向に移動させながら加工を行う例を説明したが、例えば、基板 W をスクロール運動させて第 1 の相對運動を行い、電極部 46 を電極部材 82 の長手方向と垂直な方向に移動させて第 2 の相對運動を行ってもよい。また、第 1 の相對運動は、一定の軌道を持つ循環運動で、結果的に一の方向に沿った往復相對運動を形成するものであればよく、例えば、上述したスクロール運動の他に、Y 方向への直進往復運動や楕円、四角形、三角形などの多角形状の軌跡を描く循環運動であってもよい。

**【0073】**

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

**【0074】****【発明の効果】**

上述したように、本発明によれば、基板等の被加工物に物理的な欠陥を与えて被加工物の特性を損なうことを防止しつつ、電気化学的作用によって、例えば CMP に代わる電解加工等を施すことができ、これによって、CMP 処理そのものを省略したり、CMP 処理の負荷を低減したり、更には基板等の被加工物の表面に付着した付着物を除去（洗浄）することができる。しかも、純水又は超純水のみを使用しても基板を加工することができ、これによって、基板の表面に電解質

等の余分な不純物が付着したり、残留したりすることをなくして、除去加工後の洗浄工程を簡略化できるばかりでなく、廃液処理の負荷を極めて小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

銅配線基板の一製造例を工程順に示す図である。

【図 2】

加工電極及び給電電極を基板（被加工物）に近接させ、加工電極及び給電電極と基板（被加工物）との間に純水又は電気伝導度が  $500\ \mu\text{S}/\text{cm}$  以下の流体を供給するようにしたときの本発明による電解加工の原理の説明に付する図である。

【図 3】

加工電極のみにイオン交換体を取り付けて、加工電極と基板（被加工物）との間に流体を供給するようにしたときの本発明による電解加工の原理の説明に付する図である。

【図 4】

本発明の第 1 の実施形態における基板処理装置の構成を示す平面図である。

【図 5】

図 4 に示す基板処理装置の電解加工装置を示す平面図である。

【図 6】

図 5 の縦断面図である。

【図 7】

図 7（a）は図 5 の電解加工装置における自転防止機構を示す平面図、図 7（b）は図 7（a）の A-A 線断面図である。

【図 8】

図 5 の電解加工装置における電極部を示す平面図である。

【図 9】

図 8 の B-B 線断面図である。

【図 10】

図 9 の部分拡大図である。

【図 11】

図 11 (a) は、異なる材料を成膜した基板の表面に電解加工を施したときに流れる電流と時間の関係を、図 11 (b) は、同じく印加される電圧と時間の関係をそれぞれ示すグラフである。

【図 12】

図 12 (a) は加工電極の部分断面図、図 12 (b) は図 12 (a) に示す加工電極により加工される基板の単位時間当たりの加工量を示すグラフ、図 12 (c) は図 12 (b) に示す状態で加工電極をスクロール運動させたときの加工量を示すグラフである。

【図 13】

図 13 (a) 乃至図 13 (c) は、本発明に係る電解加工方法の原理の説明に付する図である。

【図 14】

図 14 (a) 乃至図 14 (d) は、本発明の他の実施形態における電解加工方法の説明に付する図である。

【図 15】

図 15 (a) 乃至図 15 (d) は、本発明の他の実施形態における電解加工方法の説明に付する図である。

【図 16】

本発明の他の実施形態における電解加工方法の説明に付する図である。

【図 17】

図 17 (a) 及び図 17 (b) は、本発明の他の実施形態における電解加工方法の説明に付する図である。

【図 18】

図 18 (a) は電解加工中に加工電極と給電電極との間に印加する電流を示すグラフ、図 18 (b) は図 18 (a) に示す電流を印加したときの基板上の膜厚を示すグラフである。

【図 19】

図19（a）及び図19（b）は、本発明の他の実施形態における加工電極を示す縦断面図である。

【符号の説明】

- 6 銅膜（導電体膜）
- 7 シード層
- 10 被加工物
- 12 a, 12 b イオン交換体
- 14 加工電極
- 16 給電電極
- 18 超純水
- 20 水分子
- 22 水酸化物イオン
- 24 水素イオン
- 26 反応物質
- 30 ロード・アンロード部
- 32 反転機
- 34 電解加工装置
- 36 搬送ロボット
- 38 モニタ部
- 40 アーム
- 42 基板保持部
- 44 可動フレーム
- 46 電極部
- 48 電源
- 50 上下動用モータ
- 52 ボールねじ
- 54 ボールねじ
- 56 往復運動用モータ
- 58 自転用モータ

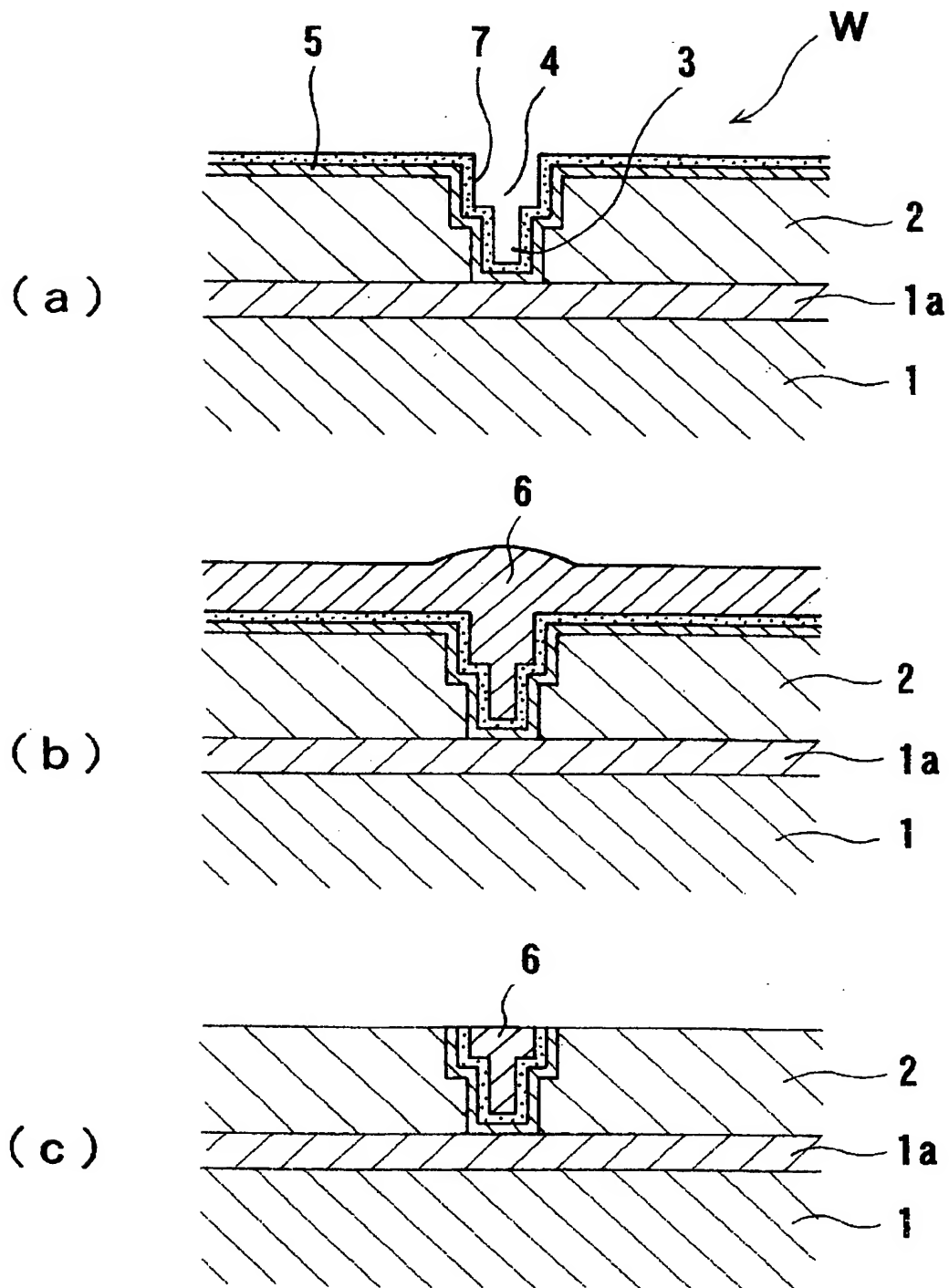


6 0 中空モータ  
6 2 主軸  
6 4 駆動端  
6 6 自転防止機構  
6 8, 7 0 凹所  
7 2, 7 4 軸受  
7 6, 7 8 軸体  
8 0 連結部材  
8 2 電極部材  
8 4 ベース  
8 5 保持プレート  
8 6 電極  
8 6 a 加工電極  
8 6 b 給電電極  
9 0 イオン交換体  
9 2 流路  
9 4 純水供給管  
9 6 純水噴射ノズル  
9 8 噴射口  
1 0 0 貫通孔  
2 0 0 加工電極

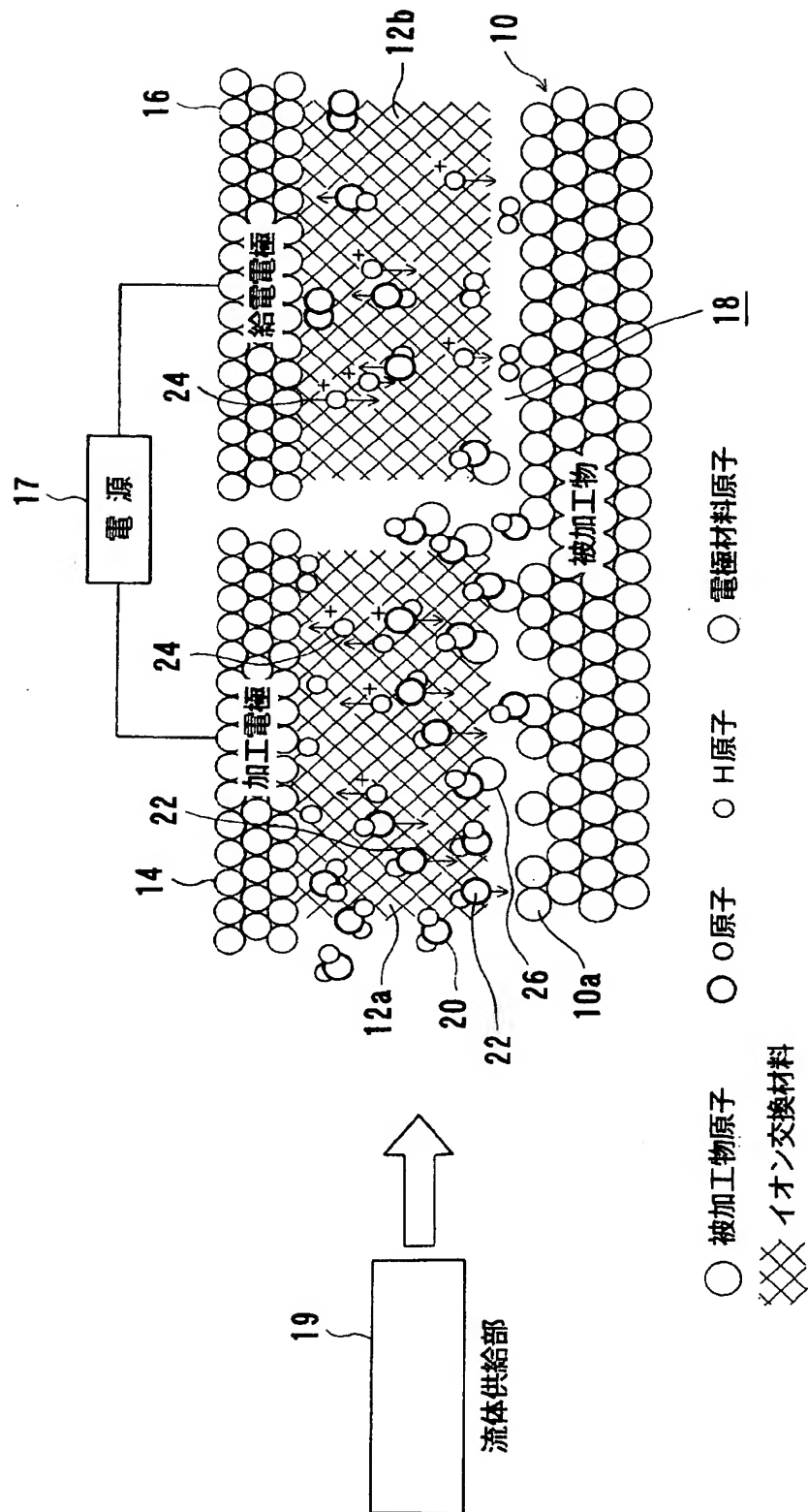
【書類名】

図面

【図 1】

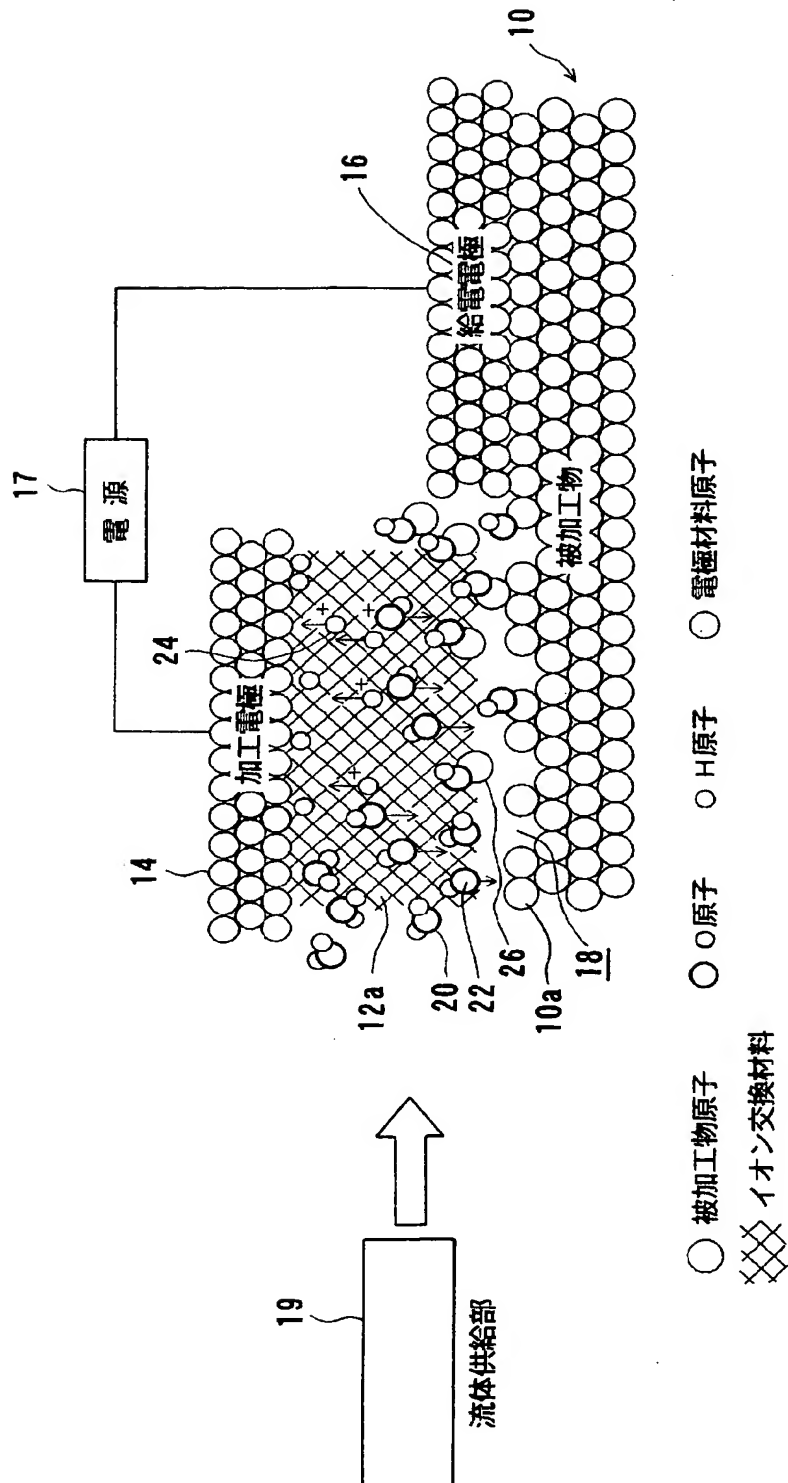


【図 2】

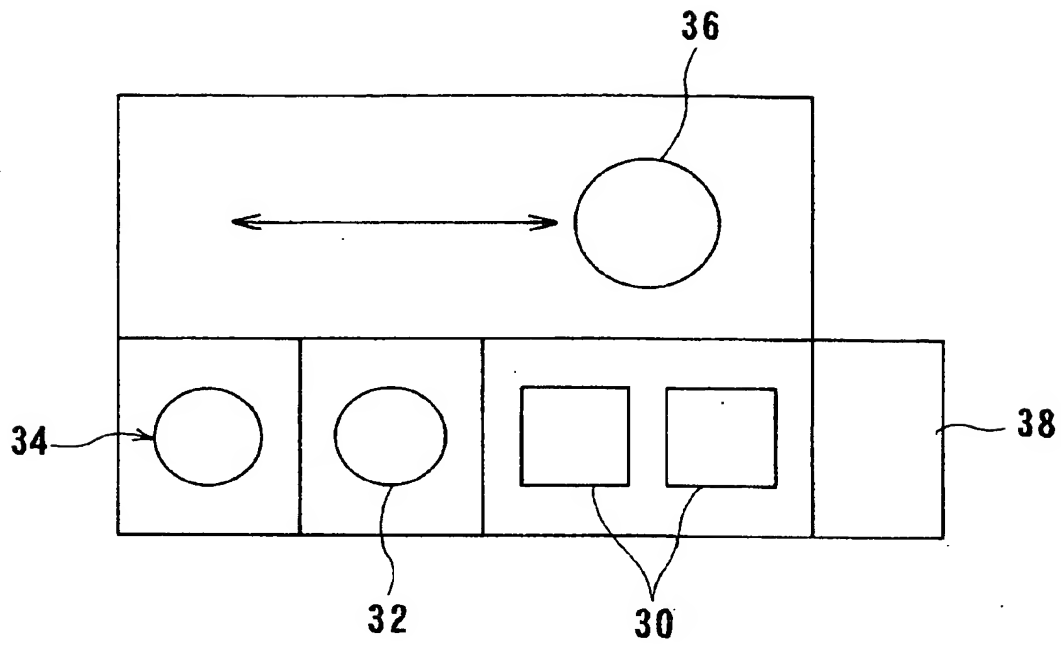




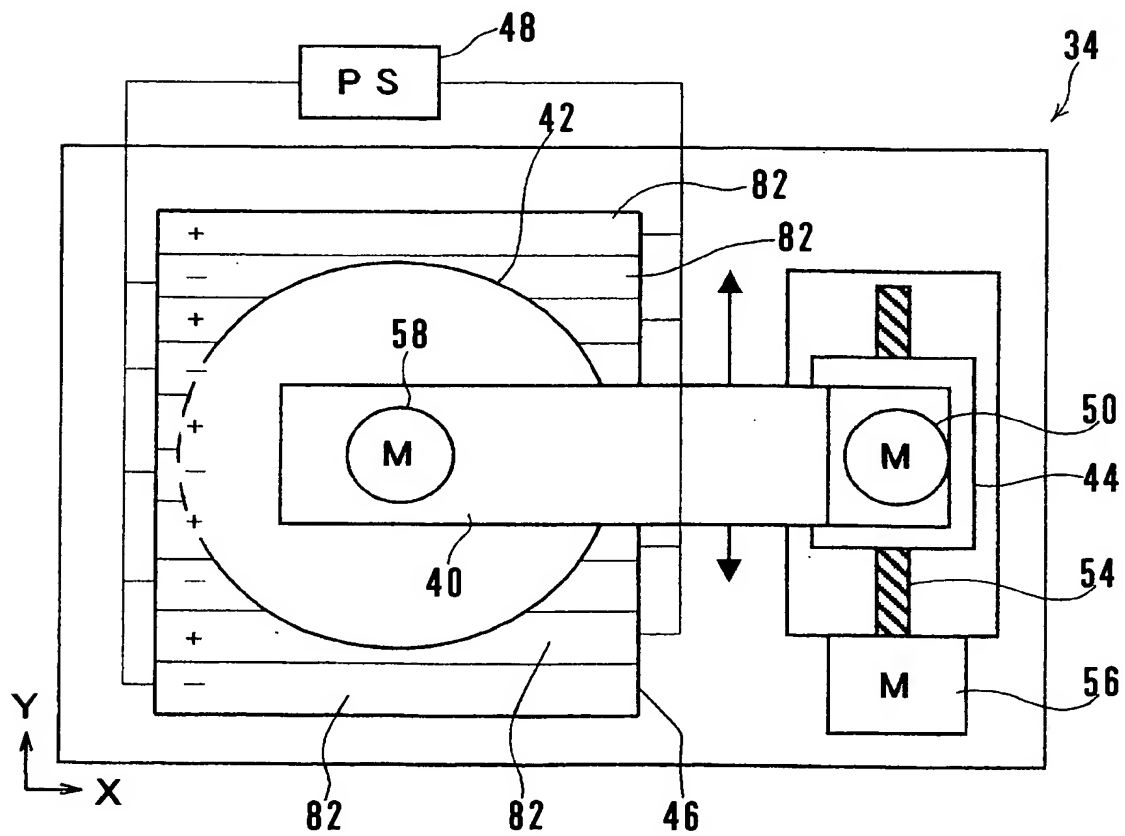
【図 3】



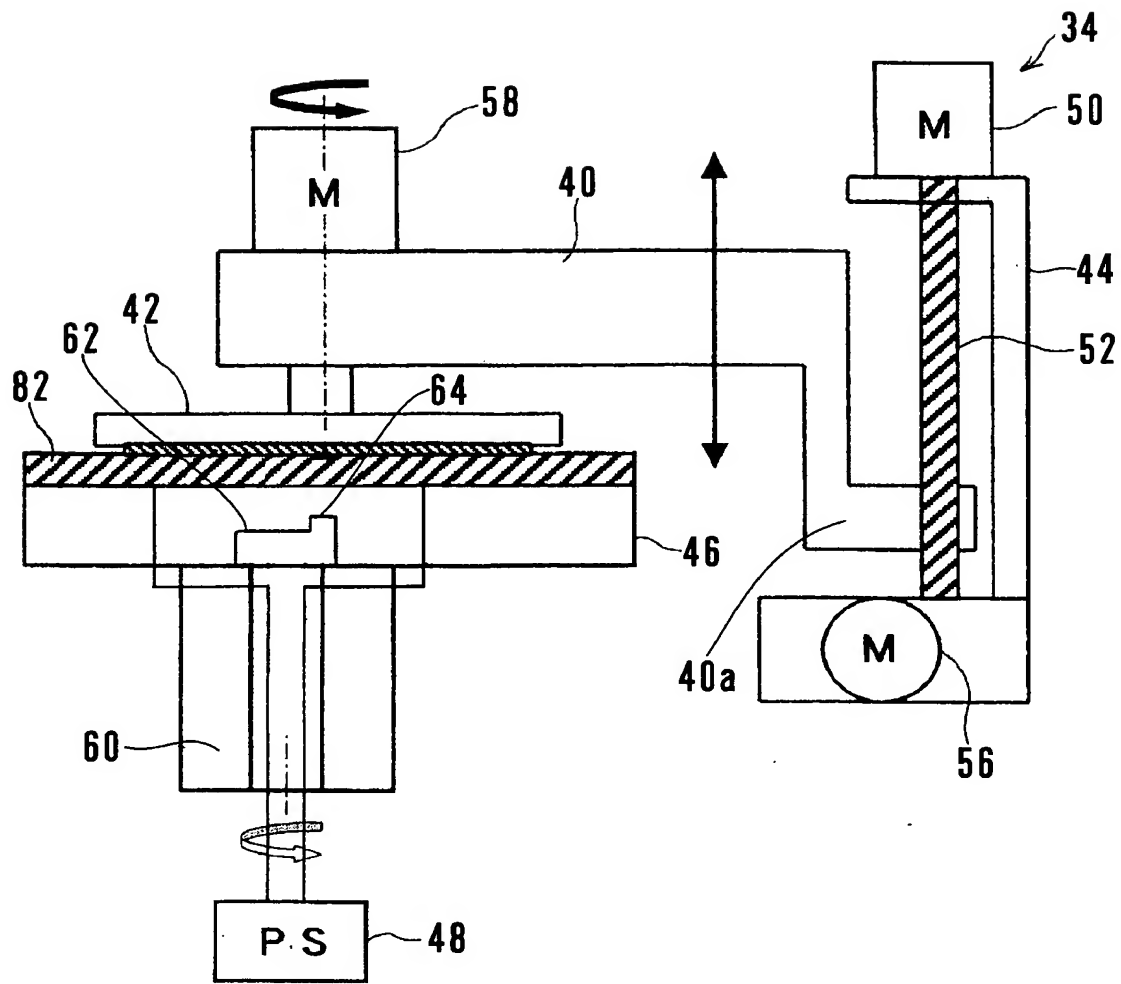
【図 4】



【図 5】

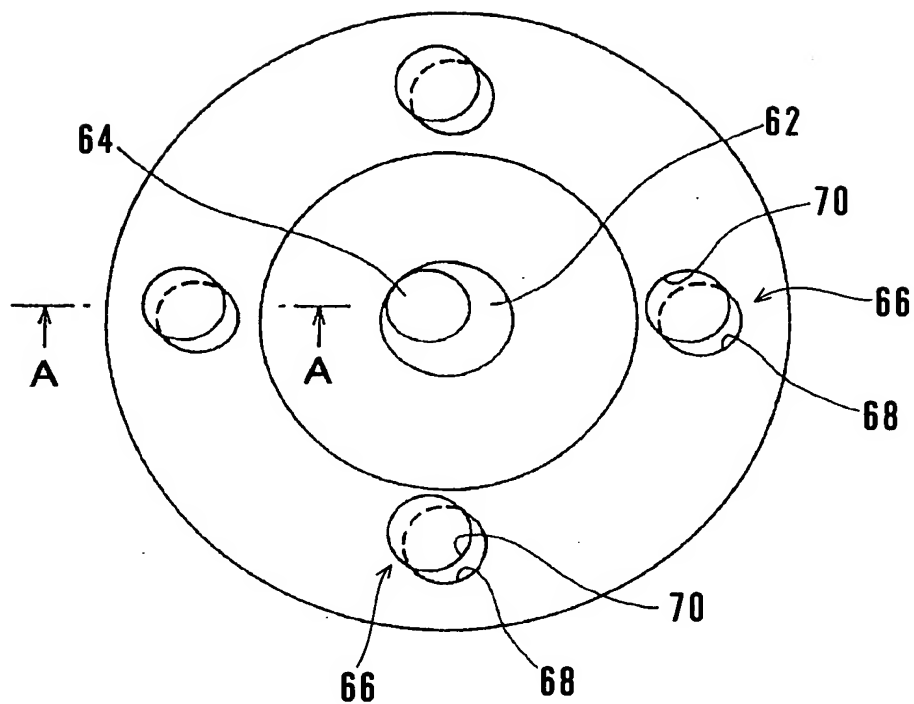


【図 6】

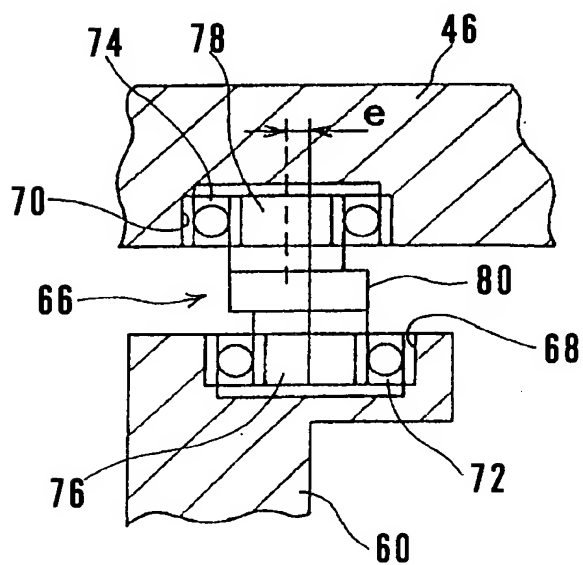


【図 7】

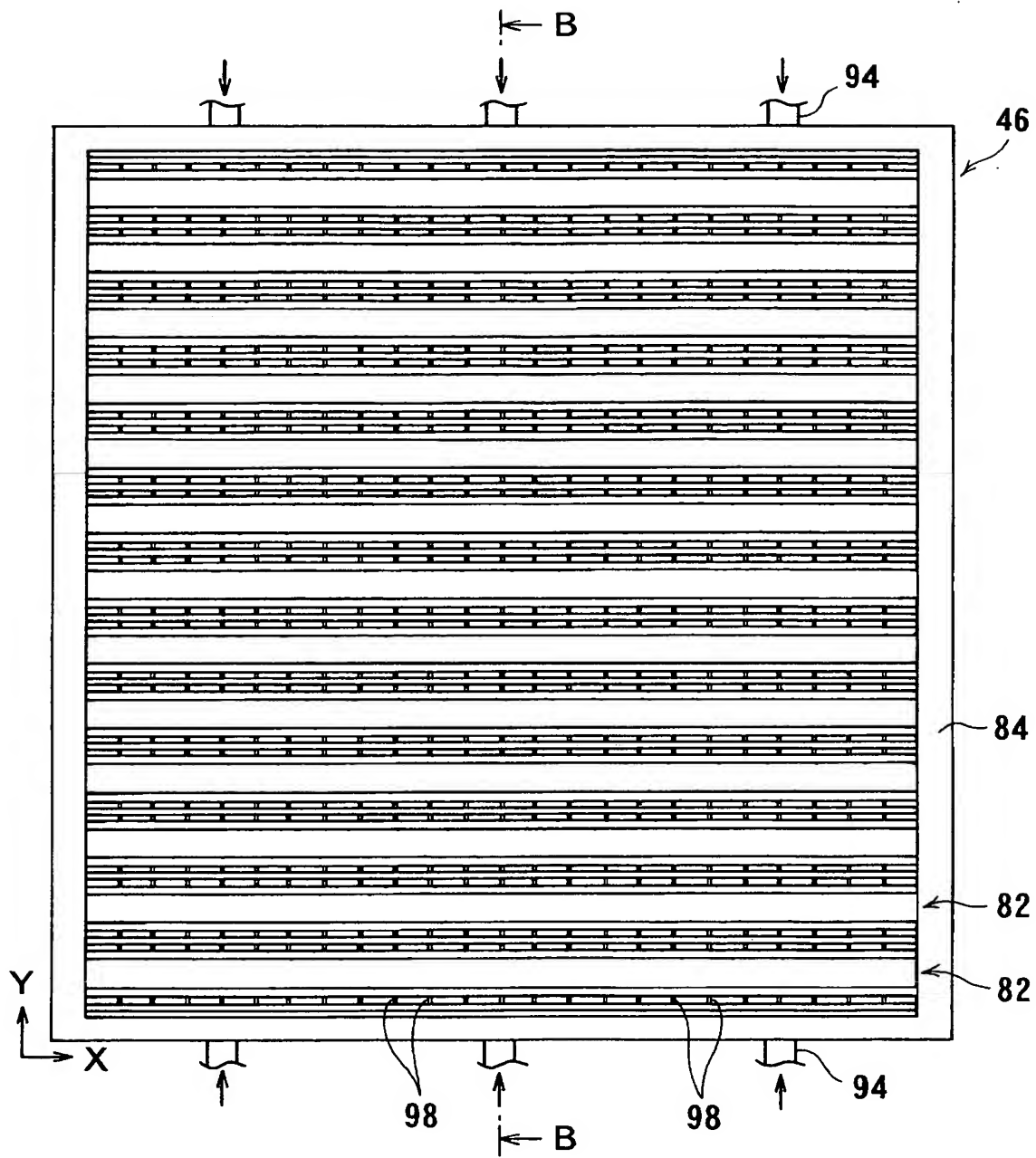
(a)



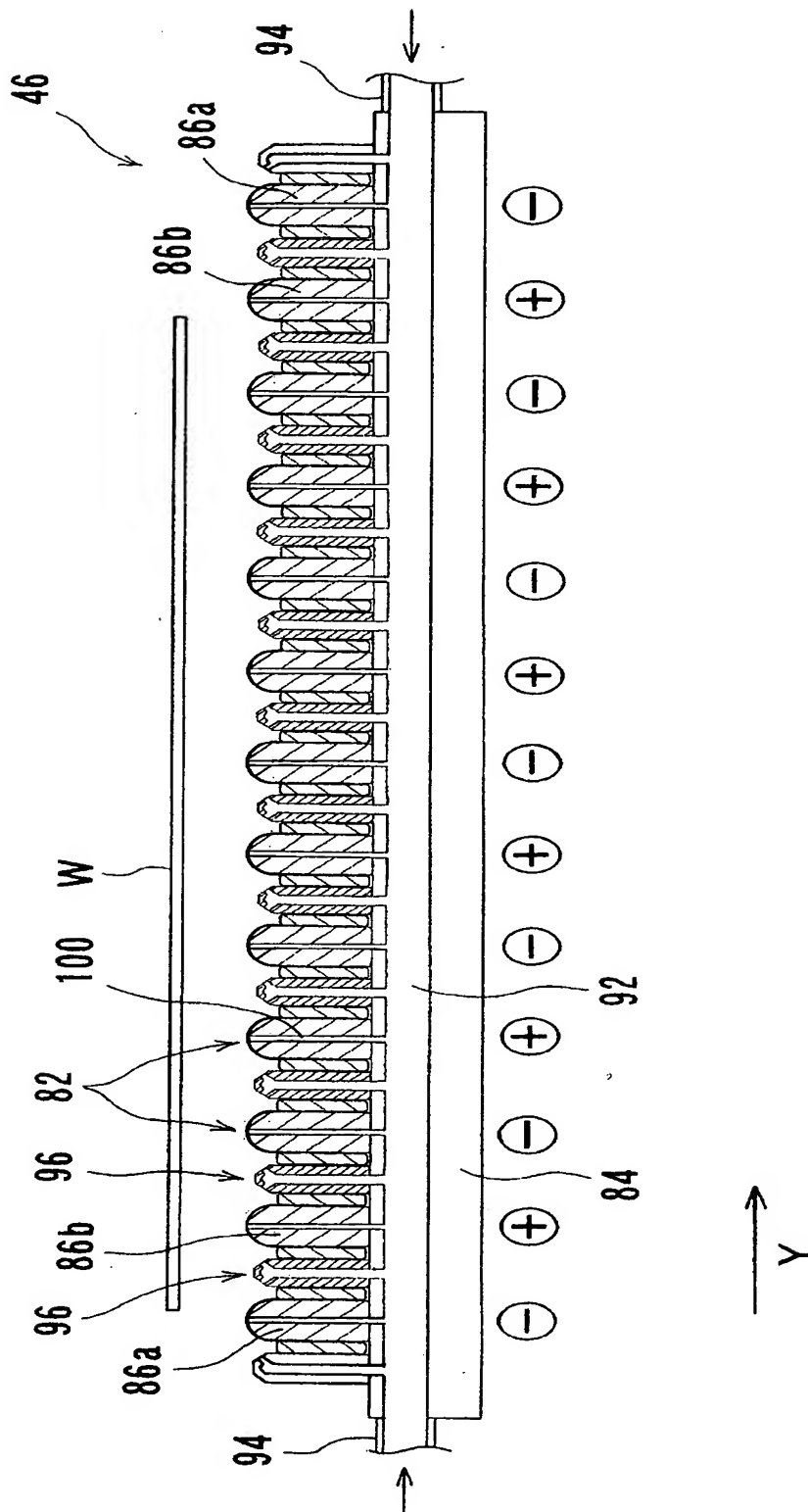
(b)



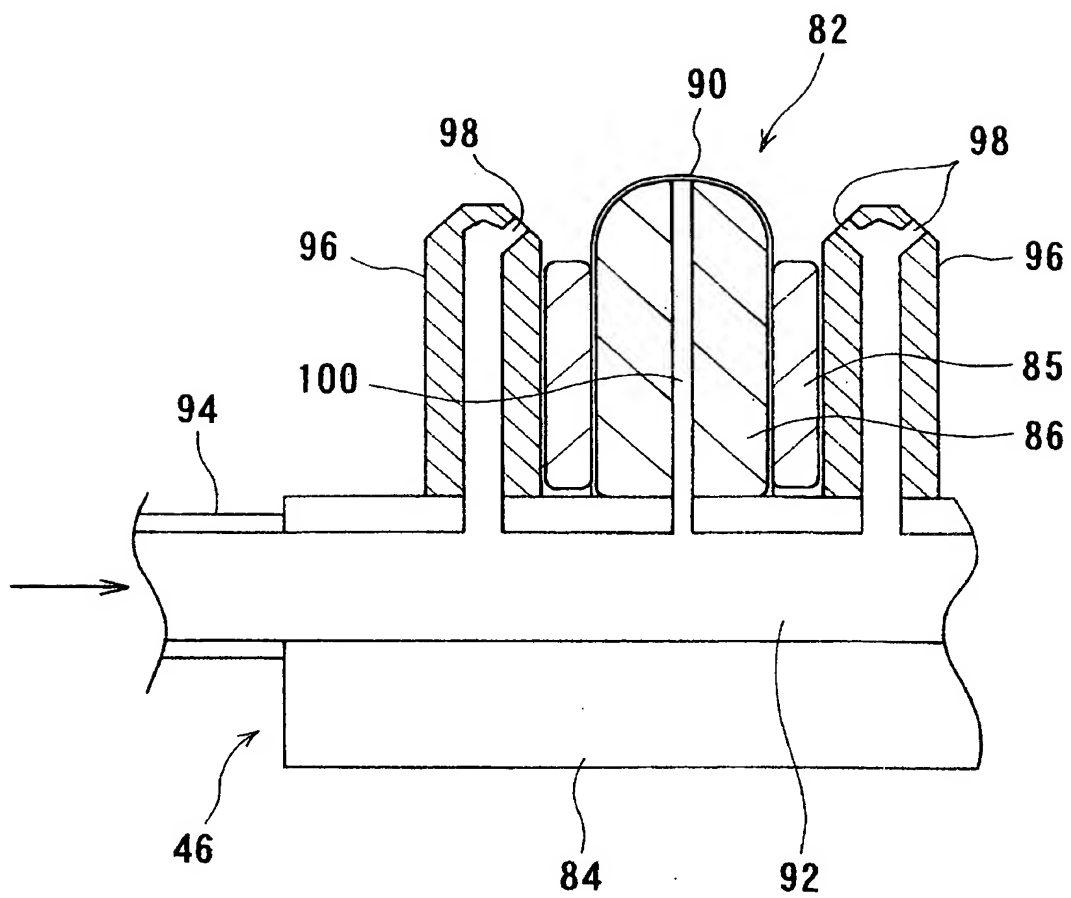
【図 8】



【図 9】

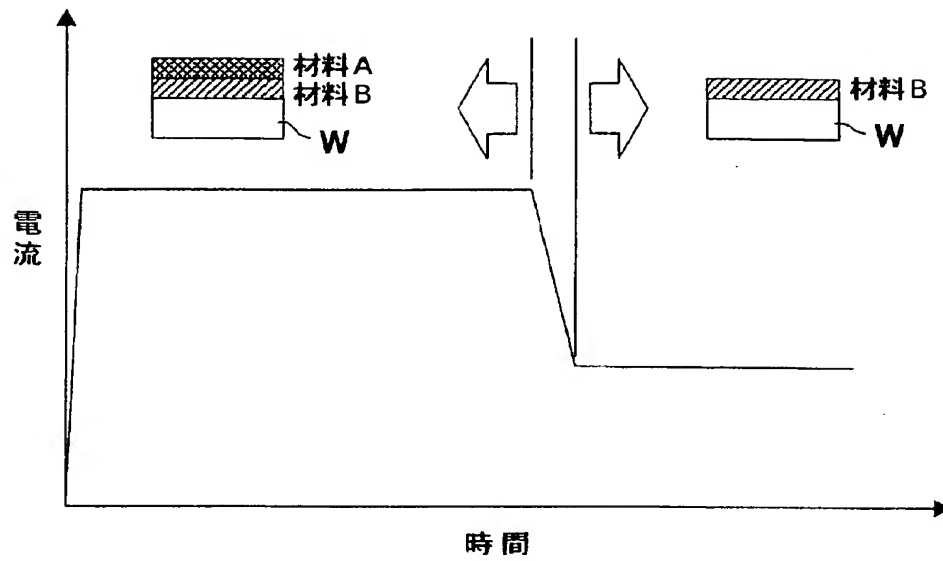


【図 10】

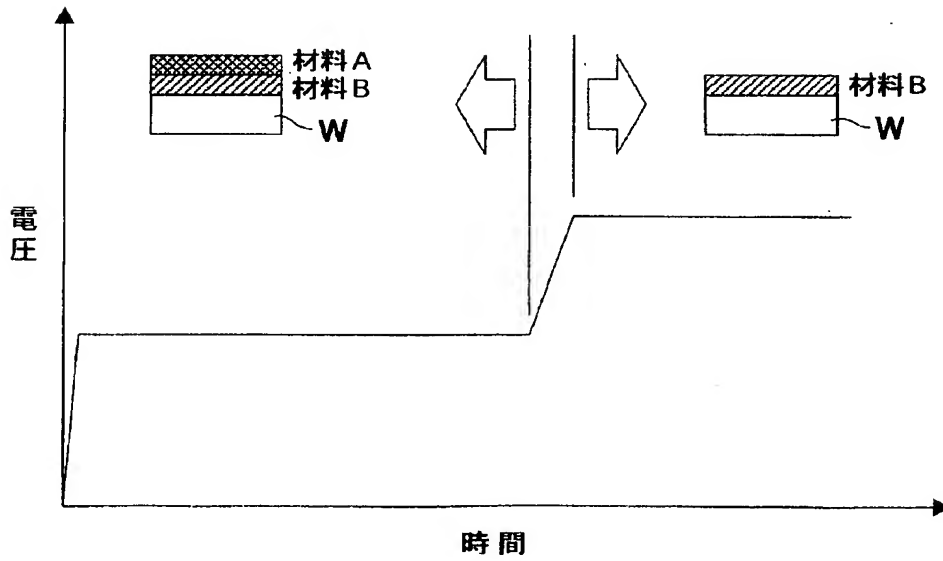


【図 11】

(a)



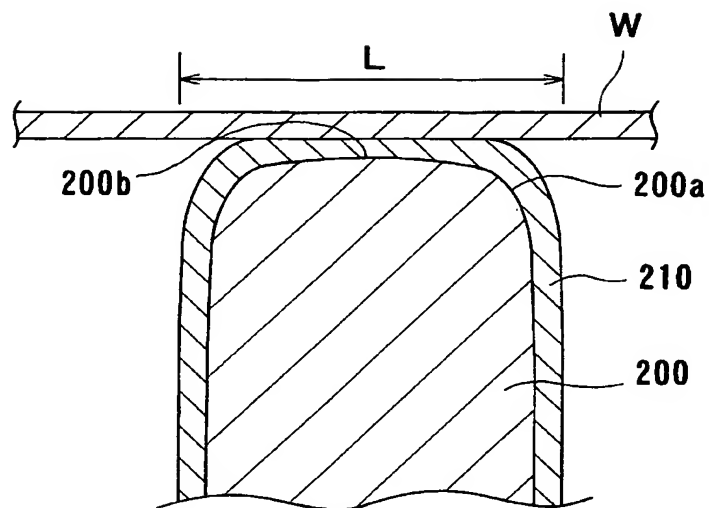
(b)



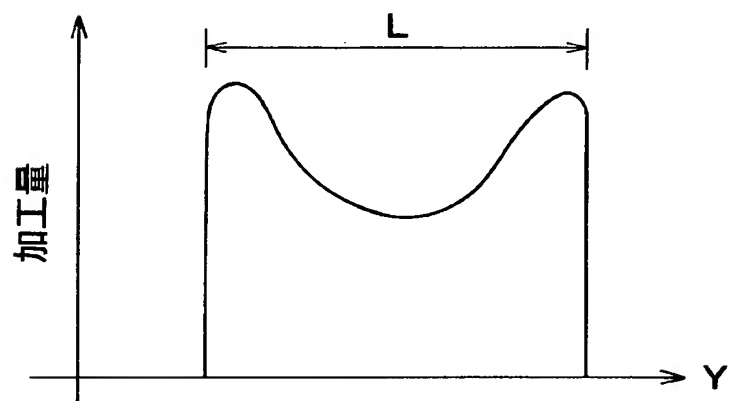


【図 12】

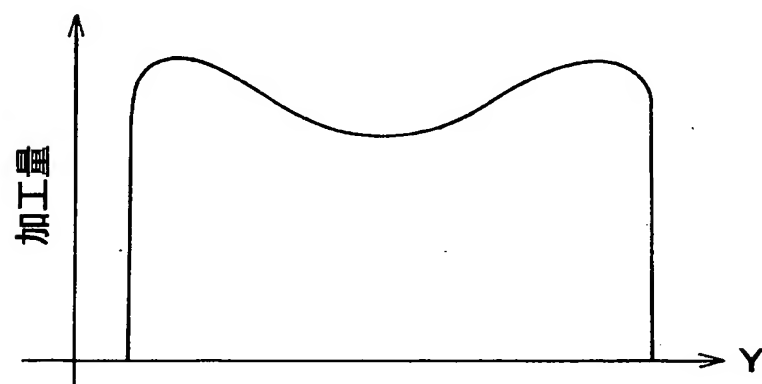
(a)



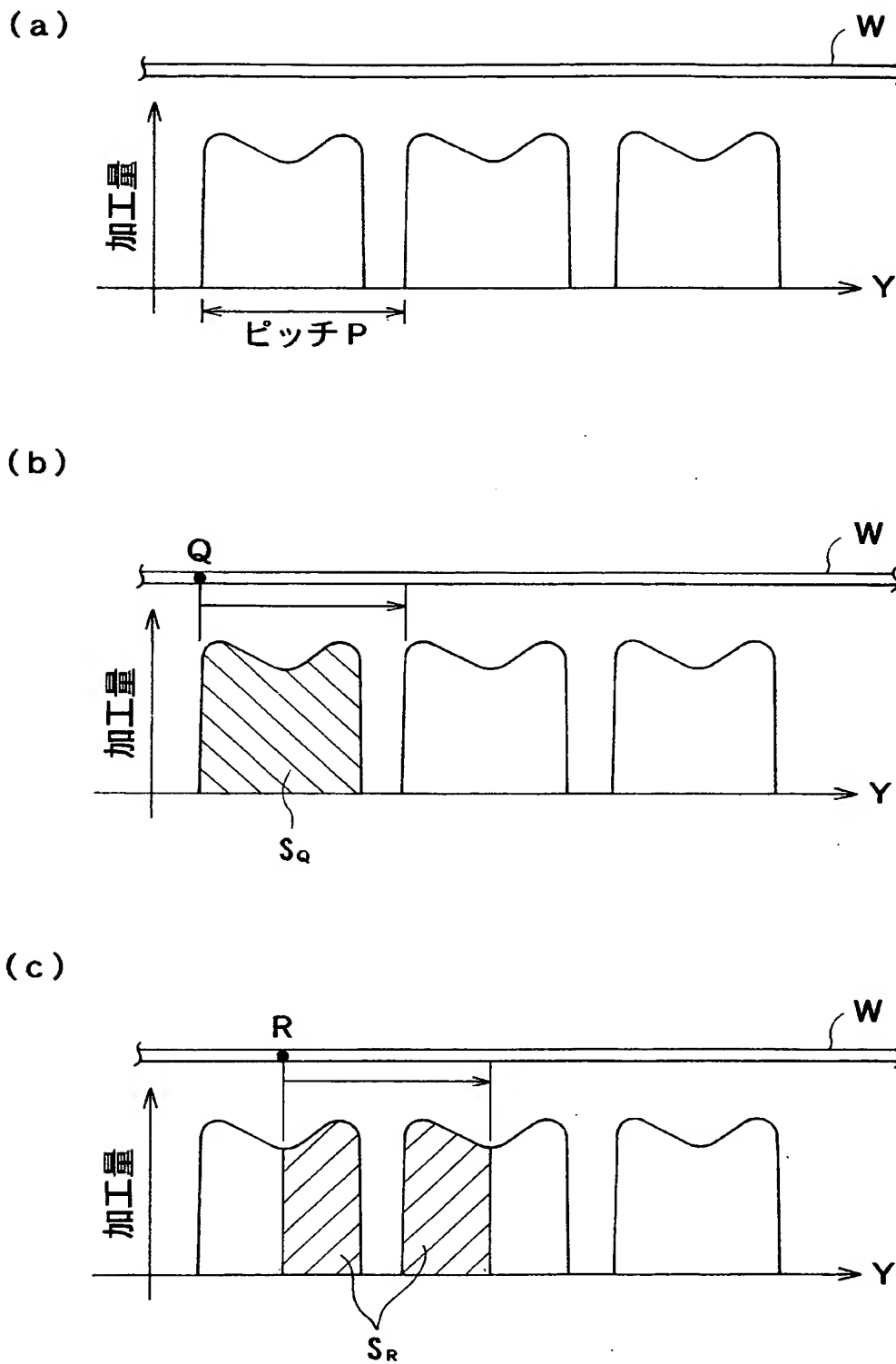
(b)



(c)

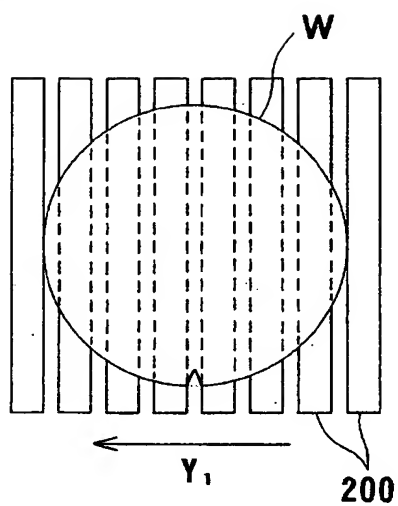


【図 13】

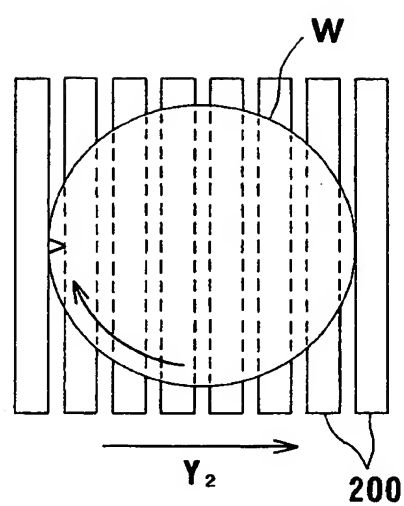


【図 14】

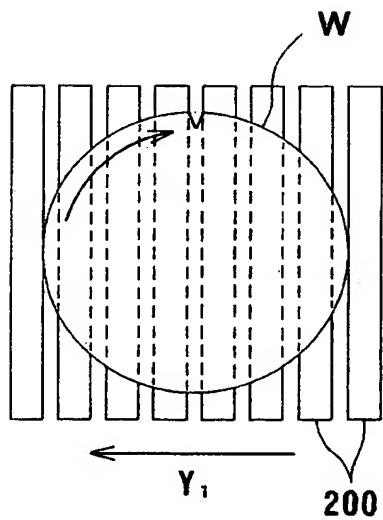
(a)



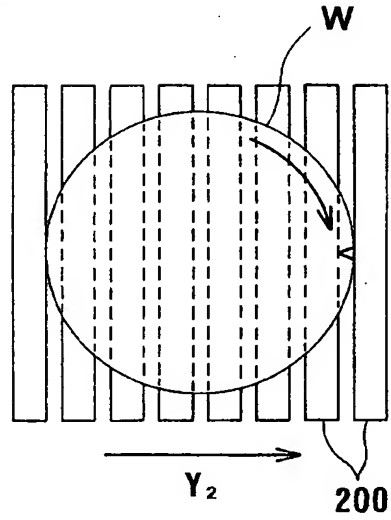
(b)



(c)

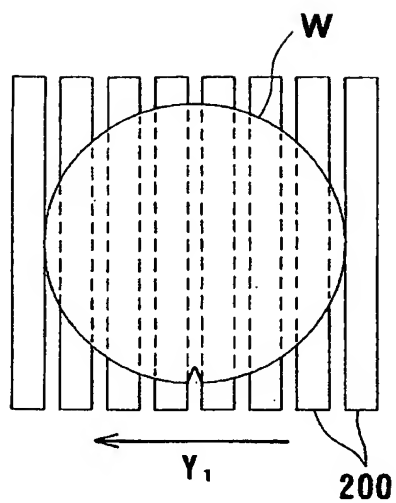


(d)

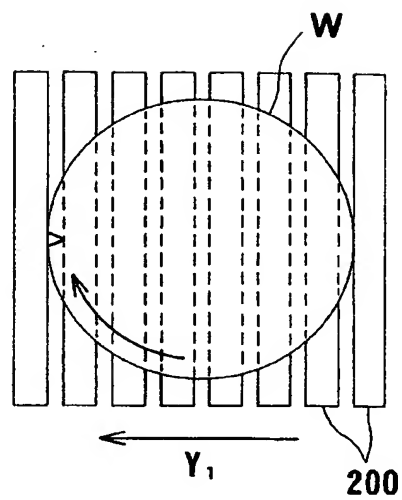


【図 15】

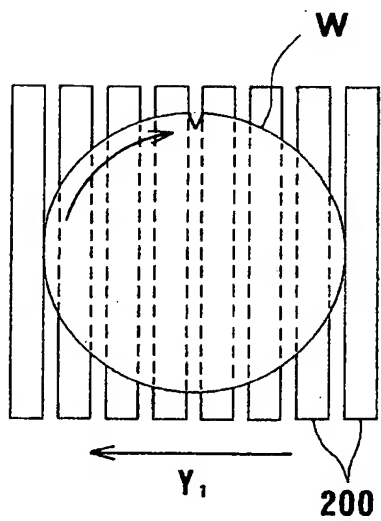
(a)



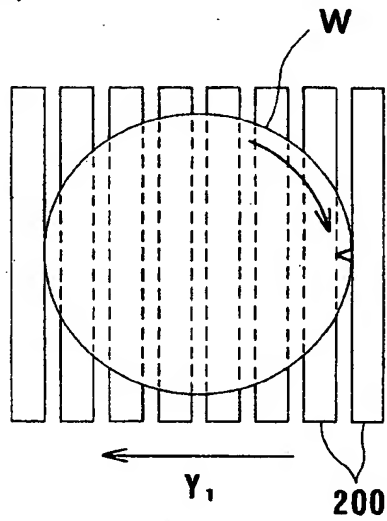
(b)



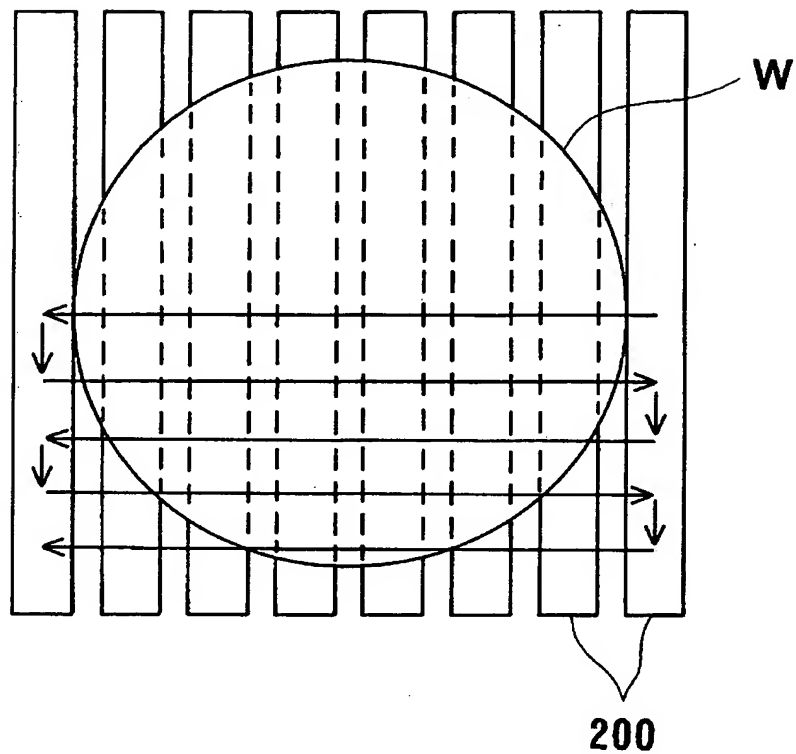
(c)



(d)

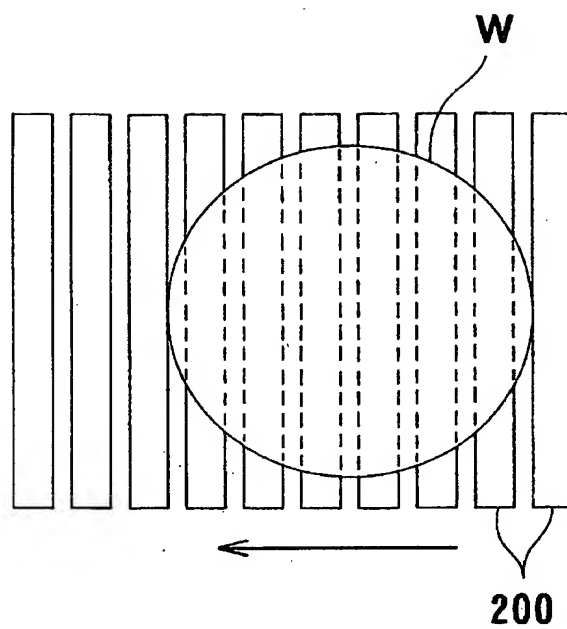


【図 16】

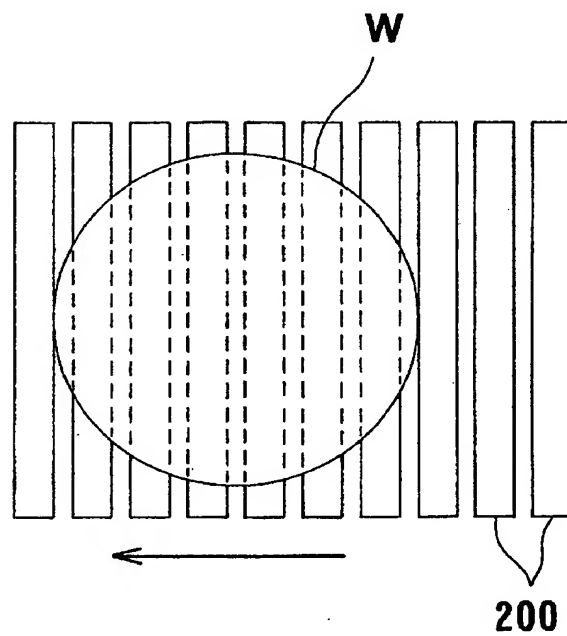


【図 17】

(a)

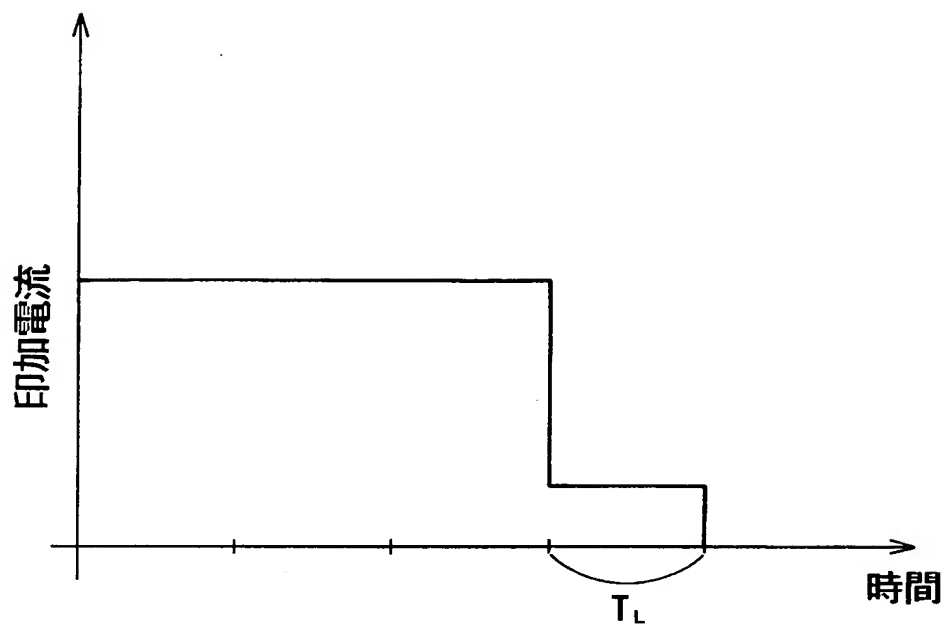


(b)

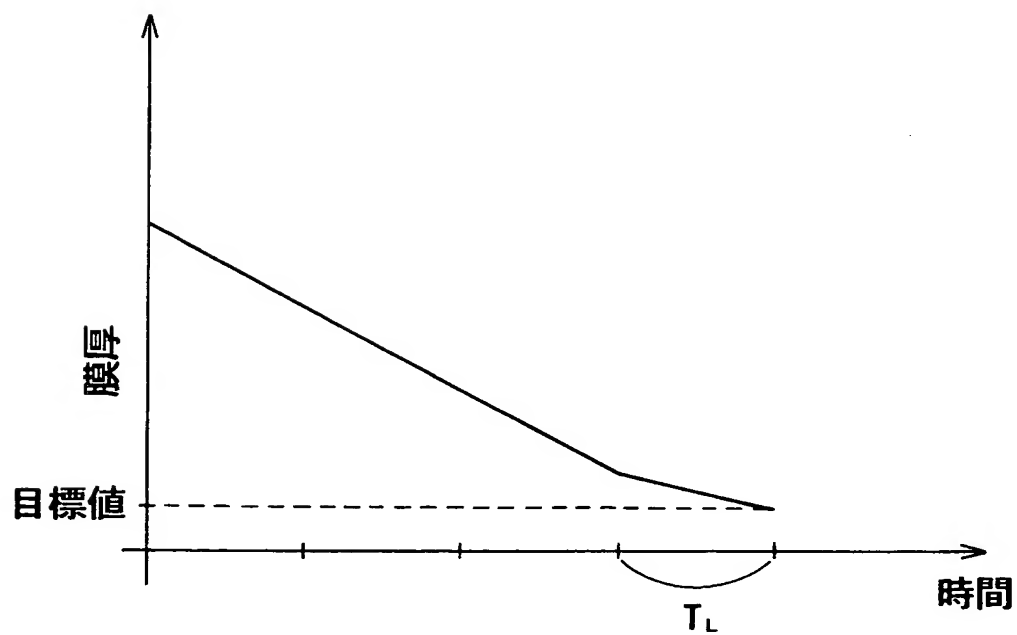


【図 18】

(a)

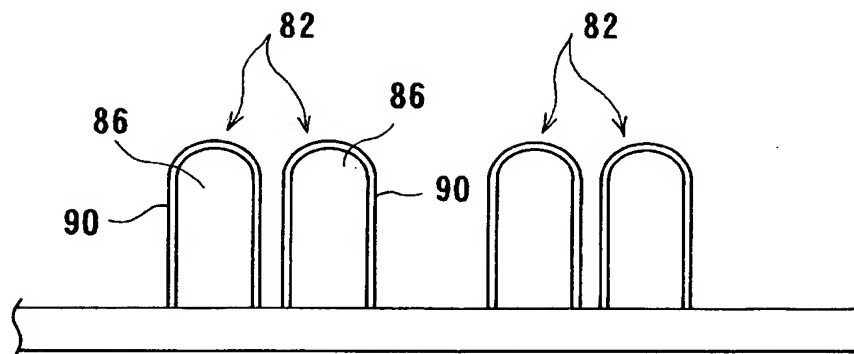


(b)

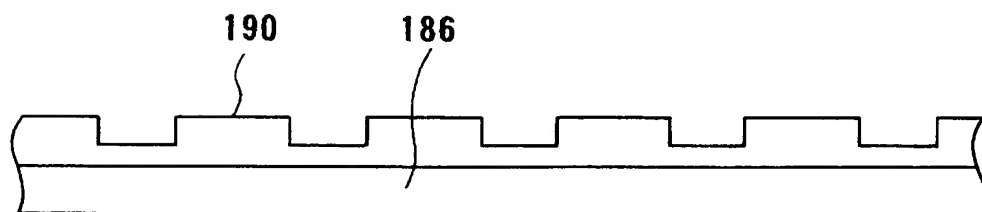


【図 19】

(a)



(b)





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 例えばCMP処理そのものを省略したり、CMP処理の負荷を極力低減しつつ、基板表面に設けられた導電性材料を平坦に加工したり、更には基板等の被加工物の表面に付着した付着物を除去（洗浄）できるようにした電解加工方法を提供する。

【解決手段】 基板Wを加工電極86aに接触させ、加工電極86aと基板Wに給電する給電電極86bとの間に電圧を印加し、基板Wと加工電極86a及び給電電極86bとの間に流体を供給し、第1の相對運動として加工電極86aと基板Wとを相對運動させてY方向に沿った往復相對運動を形成するとともに、第1の相對運動による基板WのY方向に沿った加工量分布において生じるピッチPの整数倍だけ、第2の相對運動として基板Wと加工電極86aとをY方向に相對運動させ、基板Wの表面を加工する。

【選択図】 図9

特願 2 0 0 2 - 1 9 3 7 7 5

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 0 2 3 9 ]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

氏 名

株式会社荏原製作所